



**ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL  
CULMO DE GUADUA ANGUSTIFOLIA EN LA CONSTRUCCIÓN Y  
ESTUDIO DE UN MÉTODO DE PROTECCIÓN A LA INTEMPERIE.**

**LUIS FERNANDO CASTIBLANCO RODRIGUEZ  
HENRY OCTAVIO TORRES VASQUEZ**

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ  
2019

**ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL  
CULMO DE GUADUA ANGUSTIFOLIA EN LA CONSTRUCCIÓN Y  
ESTUDIO DE UN MÉTODO DE PROTECCIÓN A LA INTEMPERIE.**



**LUIS FERNANDO CASTIBLANCO RODRIGUEZ    CÓDIGO: 506063**  
**HENRY OCTAVIO TORRES VASQUEZ            CÓDIGO: 505826**

**TRABAJO DE GRADO SOMETIDA A LA FACULTAD DE INGENIERÍA  
PARA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**DIRECTORA  
OLGA LUCIA VANEGAS ALFONSO**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ  
2019**

- ATRIBUCION NO COMERCIAL

	<p><b><u>Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)=</u></b>          Usted es libre de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.</li> <li>✓ Hacer obras derivadas.</li> </ul> <p><b>Bajo las siguientes condiciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Atribución</b> — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).</li> <li>• <b>No Comercial</b> — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.</li> </ul> <p><b>Fuente:</b> <a href="http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/">http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/</a></p>	
---	--	---

**PERIODO:** II SEMESTRE 2019

**PROGRAMA ACADÉMICO:** INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIANTE:** LUIS FERNANDO CASTIBLANCO RODRIGUEZ **CÓDIGO:** 506063

**ESTUDIANTE:** HENRY OCTAVIO TORRES VASQUEZ **CÓDIGO:** 505826

**DIRECTOR SUGERIDO:** OLGA LUCIA VANEGAS ALFONSO

### **TÍTULO**

Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del culmo de guadua angustifolia en la construcción y estudio de un método de protección a la intemperie.

### **ALTERNATIVA**

Auxiliar de Investigación

### **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Gestión integral y dinámica de las organizaciones empresariales



**NOTA DE ACEPTACIÓN:**

---

---

---

---

---

---

---

**FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO**

---

**FIRMA JURADO**

---

**FIRMA JURADO**

**BOGOTA, 15, NOVIEMBRE 2019**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados en nuestra vida.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido un orgullo y el privilegio tener una razón y un motivo gigantesco para llegar hasta esta instancia.

A nuestras hermanas (os) por estar siempre presentes acompañándonos y por el apoyo moral que nos han brindado a lo largo de esta etapa universitaria de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito, en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos para llevar cabo un trabajo investigativo de alta calidad.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a Dios y a la virgen de Chiquinquirá por ser nuestro apoyo espiritual recibido durante estos años de estudio cuando se nos presentaron dificultades, fue allí donde obtuvimos esperanza y fortaleza.

También agradecemos a nuestros padres y familiares por estar a nuestro lado dándonos su apoyo en los momentos difíciles, motivándonos a seguir adelante para en este momento recibir uno de los frutos de tanto esfuerzo a lo largo de nuestra carrera.

Gracias la universidad católica de Colombia por habernos permitido formarnos y en ella, gracias a todas las personas que fueron partícipes de este proceso compañeros, directivos y profesores por compartir sus conocimientos con nosotros, fueron ustedes los responsables de realizar un pequeño aporte, que el día de hoy se vería reflejado en la culminación de nuestro paso por la universidad.

## RESUMEN

En la presente investigación sobre la guadua angustifolia kunth, sus componentes, propiedades físicas y mecánicas, cultivo y aplicación en Colombia se realizaron con diámetros de aproximadamente 15cm, 10cm y 5cm con nudo y sin nudo limitados al culmo diferentes ensayos de laboratorio de contenido de humedad, compresión, densidad, contracción, flexión siguiendo los lineamientos estipulados en la norma técnica colombiana NTC 5525, “MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH”

Con los resultados obtenidos en los diferentes laboratorios y comparándolos con la NSR-10 se reafirma que es un material alternativo eficiente para la utilización en la construcción, pero que al ser expuesto a la intemperie sufre daños en su estructura reduciendo sus propiedades y por ende su durabilidad. Por esta razón se realiza un análisis de uno de los métodos más efectivos de inmunización de la guadua conocido como método de inmersión en ácido de bórax el cual consiste en sumergir los culmos de guadua en ácido de bórax por determinado tiempo y hacer la respectiva comparación con culmos en estado natural. Para realizar la respectiva comparación se analizan culmos de guadua inmunizadas y en estado natural en la universidad católica de Colombia mediante lámparas con rayos UV durante aproximadamente un mes para luego realizar un análisis exhaustivo en coloración y ensayo de laboratorio de compresión para observar la resistencia ultima de falla y concluir si este método de inmersión en ácido de bórax es efectivo o no.

Por último, se realizó una investigación exhaustiva sobre proceso de cultivo, técnicas de siembra y producción de la guadua angustifolia kunth, así como sus diferentes usos y aplicaciones en servicios ambientales o como materia prima para la elaboración de productos artesanales en todos los campos para una actividad económica que está creciendo en el emprendimiento colombiano.

**Palabras claves:** CULMOS, ANGUSTIFOLIA KUNTH, INMUNIZACION, BORÁX, RAYOS UV, COMPRESIÓN,

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>27</b>
<b>CAPITULO I. GENERALIDADES.....</b>	<b>29</b>
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. ....	29
1.2. OBJETIVOS.....	30
1.2.1. GENERAL .....	30
1.2.2. ESPECÍFICOS .....	30
1.3. ANTECEDENTES.....	30
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	32
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES .....	33
1.6 MARCO TEÓRICO .....	34
1.6.1 TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	34
1.6.2 MORFOLOGÍA GENERAL DEL BAMBU GUADUA .....	35
1.6.3 ANATOMÍA DEL CULMO DEL BAMBÚ GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH.....	37
1.6.4 PARTES DE LA GUADUA Y SU USO EN LA CONSTRUCCIÓN.....	38
1.6.5 DURABILIDAD DEL BAMBÚ.....	40
1.6.6 LA IMPORTANCIA DE LA PRESERVACIÓN DEL BAMBÚ .....	41
1.6.7 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PLANTA.....	42
1.6.8 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA MUNDIAL DEL BAMBÚ .....	44
1.7 MARCO CONCEPTUAL.....	47
1.7.1 TRATAMIENTOS PARA INCREMENTAR LA DURABILIDAD DEL BAMBÚ.....	47

1.7.2 MÉTODOS TRADICIONALES DE PROTECCIÓN (NO QUÍMICOS) .....	47
1.7.3 MÉTODOS DE PRESERVACIÓN CON TRATAMIENTOS QUÍMICOS .....	47
1.8 ESTADO DEL ARTE .....	49
1.8.1 INVESTIGACIÓN DE LA GUADUA Y SU USO CONSTRUCTIVO EN LA ACTUALIDAD .....	49
1.8.2 ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS DE FIBRA DE GUADUA ANGUSTIFOLIA .....	50
1.8.3 INVESTIGACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA GUADUA ....	51
1.8.4 PROPIEDADES MECANICAS DEL BAMBÚ.....	51
1.8.5 ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE HACES DE FIBRA DE GUADUA ANGUSTIFOLIA .....	53
1.8.6 GUADUA EN LA CONSTRUCCION.....	54
<b>CAPITULO II.</b>	
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>58</b>
2.1 INVESTIGACIÓN DE PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA GUADUA.....	58
2.1.1 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD .....	58
2.1.2 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE .....	59
2.1.3 DETERMINACIÓN DE LA CONTRACCIÓN .....	60
2.1.4 DETERMINACIÓN DE LA COMPRESIÓN.....	61
2.1.5 DETERMINACIÓN DE LA FLEXIÓN.....	63
2.2 INVESTIGACIÓN METODOS DE PRESERVACION DE GUADUA ..	66
2.2.1 METODO DE PRESERVACION POR INMERSION .....	66
2.3 INVESTIGACION EXHAUSTIVA ASPECTOS GENERALES DE LA GUADUA, CULTIVO, PRODUCCION Y APLICACION EN COLOMBIA..	67

<b>CAPITULO III. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN .....</b>	<b>68</b>
3.1 PROPIEDAES FISICAS Y MECANICAS DE LA GUADUA .....	68
3.1.1 ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD .....	68
3.1.2 ENSAYO DENSIDAD RELATIVA.....	73
4.1.3 ENSAYO DE CONTRACCIÓN .....	77
4.1.4 ENSAYO DE COMPRESIÓN .....	81
4.1.5 ENSAYO DE FLEXION .....	87
<b>CAPITULO IV. METODO DE PRESERVACIÓN .....</b>	<b>92</b>
4.1 METODO DE PRESERVACION (INMERSION EN ACIDO DE BORAX).....	92
4.1.1 RESULTADOS EXPOSICIÓN RAYOS UV .....	95
4.1.2 ENSAYO DE LABORATORIO DE COMPRESIÓN A CULMOS DE GUADUA INMUNIZADA Y EN ESTADO NATURAL .....	99
4.1.3 COMPARACION RESULTADOS PROBETAS EXPUESTAS A INTEMPERISMO.....	102
<b>CAPÍTULO V CULTIVO, PRODUCCION Y APLICACIÓN DE LA GUADUA EN COLOMBIA .....</b>	<b>105</b>
5.1 ASPECTOS GENERALES ACERCA DE LA GUADUA, PROCESO DE CULTIVO, PRODUCCIÓN Y APLICACIÓN EN COLOMBIA.....	105
5.1.1 PROCESO DE CULTIVO .....	106
5.2.2 GUADUALES NATURALES.....	109
5.3.3 PRODUCCION DE GUADUA EN COLOMBIA .....	110
5.3.4 APLICACIONES Y USOS EN COLOMBIA.....	111
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>117</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>118</b>

<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>119</b>
--------------------------	------------

## LISTADO DE TABLAS

<i>Tabla 1 Distribución altitudinal de las especies de bambúes prioritarias en Colombia Fuente: (Londoño X. , 2011).....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 2 Comparación propiedades mecánicas materiales Fuente: (Chaviano, 2013) .....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 3 Propiedades mecánicas del Bambusa en condición seca Fuente: (Chaviano, 2013) .....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 4 Valores de propiedades físico-mecánicas de haces de fibra de guadua (HERRERA, s.f.) .....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 5 Resultados contenido de humedad de las muestras Fuente: Propia .....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 6 Resultado densidad culmos sin nudo de 15 cm Muestras 1-2-3 Fuente: propia.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 7 Resultados densidades para todas las muestras de guadua Fuente: propia.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 8 Resultados contracción culmos sin nudo 15 cm Fuente: propia ....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 9 Resultados finales contracion promedio en porcentajes Fuente: Propia .....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 10 Resultados compresión culmos con nudo 10 cm Fuente: propia. ....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 11 Resultados Compresión todas las muestras Fuente: Propia .....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 12 Resultados Flexión culmos sin nudo 15 cm muestras 1,2,3 Fuente: propia.....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 13 Resultados generales Flexión para todas las muestras fuente: propia.....</i>	<i>90</i>



<i>Tabla 14 Resultados generales y promedio Guadua inmunizada y natural Fuente: propia.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 15 Muestras de guadua inmunizadas con ácido de bórax Fuente (LOPEZ).....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 16 Muestras de Guadua sin inmunizar Fuente: (LOPEZ) .....</i>	<i>102</i>

## TABLA DE FIGURAS

<i>Figura 1 Partes de la guadua Fuente: (PAEZ, 2002)</i> .....	35
<i>Figura 2 Edades De Guadua (a) Guadua joven, (b) Guadua madura, (c) Guadua sobre madura, (d) Yemas, (e) Hojas caulinares, (f) Hojas foliares. (TAKEUCHI, CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL BAMBÚ GUADUA, 2014)</i> .....	36
<i>Figura 3 Haz bascular de la guadua angustifolia Fuente: (Sanchez de real &amp; Rodriguez, s.f.)</i> .....	37
<i>Figura 4 Conformación del culmo de la guadua (Ecobambusa, 2008)</i> .....	39
<i>Figura 5 Cumulo de bambú Fuente: (BAMBOO, 2019)</i> .....	41
<i>Figura 6 Postes de Bambú tratados Fuente: (Schröder, 2014)</i> .....	42
<i>figura 7 Distribución natural de bambú en el mundo Fuente: (Bamboo as a structural element: species Guadua amplexifolia)</i> .....	44
<i>Figura 8 Distribución por zonas de la guadua angustifolia en Colombia</i> .....	46
<i>Figura 9 Piscinas para inmunización de la guadua (OSPINA)</i> .....	48
<i>Figura 10 Métodos de utilización de Guadua (Bermúdez, La guadua: una maravilla natural de grandes bondades, 2013)</i> .....	49
<i>figura 11 Planta de bambú, tipos y partes Fuente: (Ramage, 2016)</i> .....	55
<i>Figura 12 Centro nacional de desarrollo infantil en guadua Fuente: (Rivera, Construcciones en guadua, 2018)</i> .....	57
<i>Figura 13 Formato de caracterización de la guadua angustifolia kunth Fuente: Propia</i> .....	65
<i>Figura 14 Preservación de la guadua método de inmersión Fuente: (GUADUA Y BAMBO COLOMBIA, 2015)</i> .....	67
<i>Figura 15 Desprendimiento de malezas de plantas a sembrar Fuente (Rodriguez, 2014)</i> .....	106

<i>Figura 16 Proceso de riego automático para el cultivo Fuente (Rodríguez, 2014).....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 17 Plántulas de guadua en bolsas de tierra negra en poli sombra Fuente: (Rodríguez, 2014).....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 18 Culmos de guadua como columnas en construcción Fuente: (Zuluaga, 2012).....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 19 Culmos de Guadua usados como vigas en construcción de garaje Fuente: (bambusa.es, 2009).....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 20 Cercas con culmos de guadua para cultivos de frutas y verduras .....</i>	<i>115</i>

## TABLA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Probetas de guadua en estado verde puestos en horno Fuente: Propia .....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 2 Probetas de guadua puestas en horno a una temperatura de 110 °C Fuente: Propia .....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 4 Probeta N°1 masa después de secado Fuente: propia .....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 3 Probeta N°1 masa antes de secado Fuente: propia .....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 5 Culmos de guadua en estado verde puestos en horno Fuente: propia.....</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 6 Registro de Medidas para la determinación de la densidad Fuente: propia.....</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 8 Toma de medidas de los culmos de guadua con ayuda de calibrador automático Fuente: propia.....</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 7 Culmos de guadua puestos en horno a 110 °C Fuente: propia .....</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 9 Maquina MTS universal para ensayos Fuente: propia.....</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 10 Maquina Multiusos Universidad Católica de Colombia Fuente: propia.....</i>	<i>87</i>
<i>Ilustración 11 Culmos de guadua inmersos en acido de bórax Fuente: Propia .....</i>	<i>92</i>
<i>Ilustración 12 Montaje realizado para analizar culmos de guadua ante rayos UV Fuente: propia.....</i>	<i>93</i>
<i>Ilustración 13 bombillas de rayos UV de universidad católica Fuente: propia .....</i>	<i>93</i>
<i>Ilustración 14 Culmos de guadua penetrados por rayos UV Fuente: propia.....</i>	<i>94</i>
<i>Ilustración 15 Montaje de culmos analizados por Rayos UV con plástico artificial Fuente: propia.....</i>	<i>94</i>

<i>Ilustración 17 Culmo de guadua N°1 en estado natural antes de exposición a rayos UV Fuente: Propia.....</i>	<i>95</i>
<i>Ilustración 16 Culmo de guadua N° 1 en estado natural después de exposición a rayos UV Fuente: Propia.....</i>	<i>95</i>
<i>Ilustración 18 Culmo de guadua N° 2 en estado Natural después de exposición a rayos UV Fuente: propia .....</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 19 Culmo de guadua N° 2 en estado Natural antes de exposición a rayos UV Fuente: propia .....</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 21 Culmo de guadua N° 3 en estado Natural después de exposición a rayos UV Fuente: propia .....</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 20 Culmo de guadua N° 3 en estado Natural antes de exposición a rayos UV Fuente: propia .....</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 22 Culmo de guadua N° 3 en estado Natural después de exposición a rayos UV Fuente: propia .....</i>	<i>97</i>
<i>Ilustración 23 Culmo de guadua N° 4 en estado Natural antes de exposición a rayos UV Fuente: propia .....</i>	<i>97</i>
<i>Ilustración 24 Culmos de guadua después de proceso de exposición a rayos UV Fuente: propia.....</i>	<i>98</i>
<i>Ilustración 25 Resistencia ultima de compresión culmo de guadua sin inmunizar Fuente: propia .....</i>	<i>99</i>
<i>Ilustración 26 Resistencia a compresión de Culmo de guadua sin inmunizar Fuente: Propia .....</i>	<i>99</i>
<i>Ilustración 27 Estudiantes Universidad Católica de Colombia - Palacio de la guadua y bambú Armenia, Quindío Fuente: propia .....</i>	<i>105</i>
<i>Ilustración 28 Guadual Natural estado Verde joven Armenia, Quindío Fuente: propia.....</i>	<i>109</i>
<i>Ilustración 29 Guadual natural Armenia, Quindío Fuente: Propia.....</i>	<i>109</i>
<i>Ilustración 30 Guaduales Naturales Maduras con anillos blancos Pauna, Boyaca Fuente: propia.....</i>	<i>110</i>

<i>Ilustración 31 Guaduales Naturales edad antigua sin hojas caulinares</i> <i>Pauna, Boyacá Fuente: propia.....</i>	110
<i>Ilustración 32 Guadua - paraíso del bambú y la guadua Fuente: propia...</i>	111
<i>Ilustración 33 Objetos y accesorios realizados con guadua-cubiertos Fuente:</i> <i>Propia .....</i>	112
<i>Ilustración 34 Construcción realizada con Guadua Angustifolia Kunth -</i> <i>Armenia, Quindío Fuente: propia.....</i>	113
<i>Ilustración 36 Láminas de Guadua para industrialización Fuente: propia</i>	116
<i>Ilustración 35 Guadua laminada en uso constructivo para la venta Fuente.</i> <i>propia.....</i>	116

## TABLA DE GRÁFICOS

<i>Grafica 1 Porcentaje de contracción vs N° de muestras resultados generales Fuente propia.....</i>	80
<i>Grafica 2 Compresión-Esfuerzo (KN) vs Deformacion (mm) Muestras 1, 2, 3 Fuente: propia.....</i>	83
<i>Grafica 3 Comparación resultados generales culmos Fuente: Propia .....</i>	86
<i>Grafica 4 Flexión Carga (KN) VS Deformacion (mm) Muestras 1, 2, 3 Fuente: propia.....</i>	89
<i>Grafica 5 Resultados generales Flexión comparación entre todos los culmos Fuente: propia.....</i>	91
<i>Grafica 6 Esfuerzo ultimo Vs N° de Probetas - comparación Fuente: propia .....</i>	100
<i>Grafica 7 Promedio de esfuerzo ultimo muestras de guadua inmunizadas y sin inmunizar Fuente: propia.....</i>	101
<i>Grafica 8 Comparación esfuerzo ultimo de falla probetas inmunizadas y en estado natural Fuente: (LOPEZ).....</i>	103
<i>Grafica 9 Método de prueba promedio de las probetas inmunizadas y sin inmunizar Fuente: (LOPEZ).....</i>	103

## TABLA DE ANEXOS

<i>Anexo 1 Formato de solicitud de tiempo de laboratorio – compresión Fuente: propia.....</i>	123
<i>Anexo 2 Formato de solicitud de tiempo de laboratorio – contenido humedad Fuente: propia.....</i>	124
<i>Anexo 3 Formato de solicitud de tiempo de laboratorio - contracción Fuente: propia.....</i>	125
<i>Anexo 4 Formato de solicitud de tiempo de laboratorio - Densidad Fuente: propia.....</i>	126
<i>Anexo 5 Formato de solicitud de tiempo de laboratorio - flexion Fuente: propia.....</i>	127
<i>Anexo 6 Formato de solicitud de tiempo de laboratorio-compresión guadua inmunizada Fuente: propia .....</i>	128
<i>Anexo 7 Formato de caracterización de guadua Humedad-contracción-densidad-flexión Muestra 01 Fuente: propia.....</i>	129
<i>Anexo 8 Formato de caracterización de guadua Humedad-contracción-densidad-flexión Muestra 02 Fuente: propia.....</i>	130
<i>Anexo 9 Formato de caracterización de guadua Humedad-contracción-densidad-flexión Muestra 03 Fuente: propia.....</i>	131
<i>Anexo 10 Formato de caracterización de guadua Humedad-contracción-densidad-flexión Muestra 04 Fuente: propia.....</i>	132
<i>Anexo 11 Formato de caracterización de guadua Humedad-contracción-densidad-flexión Muestra 05 Fuente: propia.....</i>	133
<i>Anexo 12 Formato de caracterización de guadua Humedad-contracción-densidad-flexión Muestra 06 Fuente: propia.....</i>	134
<i>Anexo 13 Formato de caracterización de guadua Humedad-contracción-densidad-flexión Muestra 07 Fuente: propia.....</i>	135
<i>Anexo 14 Formato de caracterización de guadua Humedad-contracción-densidad-flexión Muestra 08 Fuente: propia.....</i>	136



<i>Anexo 15 Formato de caracterización de guadua Humedad-contracción-densidad-flexión Muestra 09 Fuente: propia.....</i>	<i>137</i>
<i>Anexo 16 Formato de caracterización de guadua Humedad-contracción-densidad-flexión Muestra 10 Fuente: propia.....</i>	<i>138</i>
<i>Anexo 17 Formato de caracterización de guadua Humedad-contracción-densidad-flexión Muestra 11 Fuente: propia.....</i>	<i>139</i>
<i>Anexo 18 Formato de caracterización de guadua Humedad-contracción-densidad-flexión Muestra 12 Fuente: propia.....</i>	<i>140</i>
<i>Anexo 19 Formato de caracterización de guadua Humedad-contracción-densidad-flexión Muestra 13 Fuente: propia.....</i>	<i>141</i>
<i>Anexo 20 Formato de caracterización de guadua Humedad-contracción-densidad-flexión Muestra 14 Fuente: propia.....</i>	<i>142</i>
<i>Anexo 21 Formato de caracterización de guadua Humedad-contracción-densidad-flexión Muestra 15 Fuente: propia.....</i>	<i>143</i>
<i>Anexo 22 Formato de caracterización de guadua Humedad-contracción-densidad-flexión Muestra 16 Fuente: propia.....</i>	<i>144</i>
<i>Anexo 23 Formato de caracterización de guadua Humedad-contracción-densidad-flexión Muestra 17 Fuente: propia.....</i>	<i>145</i>
<i>Anexo 24 Formato de caracterización de guadua Humedad-contracción-densidad-flexión Muestra 18 Fuente: propia.....</i>	<i>146</i>
<i>Anexo 25 Formato de caracterización de guadua Compresion Muestra 01 Fuente: propia.....</i>	<i>147</i>
<i>Anexo 26 Formato de caracterización de guadua Compresión Muestra 02 Fuente: propia.....</i>	<i>148</i>
<i>Anexo 27 Formato de caracterización de guadua Compresión Muestra 03 Fuente: propia.....</i>	<i>149</i>
<i>Anexo 28 Formato de caracterización de guadua Compresión Muestra 04 Fuente: propia.....</i>	<i>150</i>
<i>Anexo 29 Formato de caracterización de guadua Compresión Muestra 05 Fuente: propia.....</i>	<i>151</i>

<i>Anexo 30 Formato de caracterización de guadua Compresión Muestra 06</i>	
<i>Fuente: propia.....</i>	<i>152</i>
<i>Anexo 31 Formato de caracterización de guadua Compresión Muestra 08</i>	
<i>Fuente: propia.....</i>	<i>153</i>
<i>Anexo 32 Formato de caracterización de guadua Compresión Muestra 09</i>	
<i>Fuente: propia.....</i>	<i>154</i>
<i>Anexo 33 Formato de caracterización de guadua Compresión Muestra 10</i>	
<i>Fuente: propia.....</i>	<i>155</i>
<i>Anexo 34 Formato de caracterización de guadua Compresión Muestra 11</i>	
<i>Fuente: propia.....</i>	<i>156</i>
<i>Anexo 35 Formato de caracterización de guadua Compresión Muestra 12</i>	
<i>Fuente: propia.....</i>	<i>157</i>
<i>Anexo 36 Formato de caracterización de guadua Compresión Muestra 13</i>	
<i>Fuente: propia.....</i>	<i>158</i>
<i>Anexo 37 Formato de caracterización de guadua Compresión Muestra 14</i>	
<i>Fuente: propia.....</i>	<i>159</i>
<i>Anexo 38 Formato de caracterización de guadua Compresión Muestra 15</i>	
<i>Fuente: propia.....</i>	<i>160</i>
<i>Anexo 39 Formato de caracterización de guadua Compresión Muestra 16</i>	
<i>Fuente: propia.....</i>	<i>161</i>
<i>Anexo 40 Formato de caracterización de guadua Compresión Muestra 17</i>	
<i>Fuente: propia.....</i>	<i>162</i>
<i>Anexo 41 Formato de caracterización de guadua Compresión Muestra 18</i>	
<i>Fuente: propia.....</i>	<i>163</i>
<i>Anexo 42 Formato de caracterización de guadua inmunizada Compresión</i>	
<i>Muestra 1 Fuente: propia.....</i>	<i>164</i>
<i>Anexo 43 Formato de caracterización de guadua inmunizada Compresión</i>	
<i>Muestra 2 Fuente: propia.....</i>	<i>165</i>
<i>Anexo 44 Formato de caracterización de guadua inmunizada Compresión</i>	
<i>Muestra 3 Fuente: propia.....</i>	<i>166</i>

<i>Anexo 45 Formato de caracterización de guadua inmunizada Compresión</i>	
<i>Muestra 4 Fuente: propia.....</i>	<i>167</i>
<i>Anexo 46 Formato de caracterización de guadua inmunizada Compresión</i>	
<i>Muestra 5 Fuente: propia.....</i>	<i>168</i>
<i>Anexo 47 Formato de caracterización de guadua inmunizada Compresión</i>	
<i>Muestra 6 Fuente: propia.....</i>	<i>169</i>
<i>Anexo 48 Formato de caracterización de guadua inmunizada Compresión</i>	
<i>Muestra 7 Fuente: propia.....</i>	<i>170</i>
<i>Anexo 49 Formato de caracterización de guadua inmunizada Compresión</i>	
<i>Muestra 8 Fuente: propia.....</i>	<i>171</i>
<i>Anexo 50 Probeta N°2 masa antes de secado Fuente: propia .....</i>	<i>172</i>
<i>Anexo 51 Probeta N° 2 masa después de secado Fuente: propia .....</i>	<i>172</i>
<i>Anexo 52 Probeta N°3 masa después de secado Fuente: propia .....</i>	<i>172</i>
<i>Anexo 53 Probeta N°3 masa antes de secado Fuente: propia .....</i>	<i>172</i>
<i>Anexo 54 Probeta N° 4 masa antes de secado Fuente: propia .....</i>	<i>173</i>
<i>Anexo 55 Probeta N°4 masa después de secado Fuente: propia .....</i>	<i>173</i>
<i>Anexo 56 Probeta N°5 masa antes de secado Fuente: propia .....</i>	<i>173</i>
<i>Anexo 57 Probeta N°5 masa después de secado Fuente: propia .....</i>	<i>173</i>
<i>Anexo 58 Probeta N°6 masa después de secado Fuente: propia .....</i>	<i>174</i>
<i>Anexo 59 Probeta N°6 antes de secado Fuente: propia .....</i>	<i>174</i>
<i>Anexo 60 Probeta N°7 masa después de secado Fuente: propia .....</i>	<i>174</i>
<i>Anexo 61 Probeta N°7 masa antes de secado Fuente: propia .....</i>	<i>174</i>
<i>Anexo 62 Probeta N°8 masa antes de secado Fuente: propia .....</i>	<i>175</i>
<i>Anexo 63 Probeta N°8 masa después de secado Fuente: propia .....</i>	<i>175</i>
<i>Anexo 64 Probeta N°9 masa después de secado Fuente: propia .....</i>	<i>175</i>
<i>Anexo 65 Probeta N°9 masa antes de secado Fuente: propia .....</i>	<i>175</i>

<i>Anexo 66 Probeta N°10 masa después de secado Fuente: propia .....</i>	<i>176</i>
<i>Anexo 67 Probeta N°11 masa después de secado Fuente: propia .....</i>	<i>176</i>
<i>Anexo 68 Probeta N°10 masa antes de secado Fuente: propia .....</i>	<i>176</i>
<i>Anexo 69 Probeta N°11 masa antes de secado Fuente: propia .....</i>	<i>176</i>
<i>Anexo 70 Probeta N°13 masa antes de secado Fuente: propia .....</i>	<i>177</i>
<i>Anexo 71 Probeta N°7 masa después de secado Fuente: propia .....</i>	<i>177</i>
<i>Anexo 72 Probeta N°13 masa después de secado Fuente: propia .....</i>	<i>177</i>
<i>Anexo 73 Probeta N°12 masa antes de secado Fuente: propia .....</i>	<i>177</i>
<i>Anexo 74 Probeta N°15 masa después de secado Fuente: propia .....</i>	<i>178</i>
<i>Anexo 75 Probeta N°14 masa después de secado Fuente: propia .....</i>	<i>178</i>
<i>Anexo 76 Probeta N°14 masa antes de secado Fuente: propia .....</i>	<i>178</i>
<i>Anexo 77 Probeta N°15 masa antes de secado Fuente: propia .....</i>	<i>178</i>
<i>Anexo 78 Probeta N°16 masa antes de secado Fuente: propia .....</i>	<i>179</i>
<i>Anexo 79 Probeta N°16 masa después de secado Fuente: propia .....</i>	<i>179</i>
<i>Anexo 80 Probeta N°17 masa después de secado Fuente: propia .....</i>	<i>179</i>
<i>Anexo 81 Probeta N°17 masa antes de secado Fuente: propia .....</i>	<i>179</i>
<i>Anexo 82 Probeta N°18 masa antes de secado Fuente: propia .....</i>	<i>180</i>
<i>Anexo 83 Probeta N°18 masa después de secado Fuente: propia .....</i>	<i>180</i>
<i>Anexo 84 Resultados densidad culmos sin nudo 10 cm Fuente: propia...</i>	<i>181</i>
<i>Anexo 85 Resultado densidad culmos con nudo de 15 cm Fuente: propia .....</i>	<i>181</i>
<i>Anexo 86 Resultados densidad culmos con nudo 5 cm Fuente: propia....</i>	<i>182</i>
<i>Anexo 87 Resultados densidad Culmos sin nudo 5 cm Fuente: propia ....</i>	<i>182</i>
<i>Anexo 88 Resultados densidad culmos con nudo 10 cm Fuente: propia..</i>	<i>183</i>

<i>Anexo 89 Resultados contracción culmos con nudo 15 cm Fuente: propia</i>	184
<i>Anexo 90 Resultados contracción culmos sin nudo 10 cm Fuente: propia</i>	185
<i>Anexo 91 Resultados contracción culmos con nudo 10 cm Fuente: propia</i>	186
<i>Anexo 92 Resultados contracción culmos sin nudo 5 cm Fuente: propia</i>	187
<i>Anexo 93 Resultados contracción culmos con nudo 5 cm Fuente: propia</i>	188
<i>Anexo 94 Resultados compresión culmos sin nudo 10 cm Fuente: propia</i>	189
<i>Anexo 95 Compresión-Esfuerzo (KN) vs Deformacion (mm) Muestras 4, 5, 6 Fuente: propia</i>	189
<i>Anexo 96 Compresión-Esfuerzo (KN) vs Deformacion (mm) Muestras 7, 8, 9 Fuente: propia</i>	190
<i>Anexo 97 Resultados compresión culmos con nudo 5 cm Fuente: propia</i>	190
<i>Anexo 98 Resultados compresión culmos sin nudo 5 cm Fuente: propia</i>	191
<i>Anexo 99 Compresión-Esfuerzo (KN) vs Deformacion (mm) Muestras 10, 11, 12. Fuente: propia</i>	191
<i>Anexo 100 Compresión-Esfuerzo (KN) vs Deformacion (mm) Muestras 13, 14, 15. Fuente: propia</i>	192
<i>Anexo 101 Resultados compresión culmos sin nudo 15 cm Fuente: propia</i>	192
<i>Anexo 102 Resultados compresión culmos con nudo 15 cm Fuente: propia</i>	193
<i>Anexo 103 Compresión-Esfuerzo (KN) vs Deformacion (mm) Muestras 16, 17, 18. Fuente: propia</i>	193
<i>Anexo 104 Flexión Carga (KN) VS Deformacion (mm) Muestras 4, 5, 6. Fuente: propia</i>	194
<i>Anexo 105 Resultados Flexión culmos con nudo 15 cm Fuente: propia</i>	195

<i>Anexo 106 Comparación mayor resistencia Flexión muestras N° 4-5-6</i>	
<i>Fuente: propia.....</i>	195
<i>Anexo 107 Flexión Carga (KN) VS Deformacion (mm) Muestras 7, 8, 9.</i>	
<i>Fuente: propia.....</i>	196
<i>Anexo 108 Resultados Flexión culmos sin nudo 10 cm Fuente: propia....</i>	196
<i>Anexo 109 Flexión Carga (KN) VS Deformacion (mm) Muestras 10, 11, 12.</i>	
<i>Fuente: propia.....</i>	197
<i>Anexo 110 Resultados Flexión culmos con nudo 10 cm Fuente: propia...</i>	197
<i>Anexo 111 Flexión Carga (KN) VS Deformacion (mm) Muestras 13, 14, 15.</i>	
<i>Fuente: propia.....</i>	198
<i>Anexo 112 Resultados Flexión culmos sin nudo 5 cm Fuente: propia.....</i>	198
<i>Anexo 113 Flexión Carga (KN) VS Deformacion (mm) Muestras 16, 17, 18.</i>	
<i>Fuente: propia.....</i>	199
<i>Anexo 114 Resultados Flexión culmos con nudo 5 cm Fuente: propia.....</i>	199
<i>Anexo 115 Resultados muestras de guadua 05,06,07,08 inmunizadas y sin inmunizar Fuente: propia .....</i>	200
<i>Anexo 116 Resultados muestras de guadua 01,02,03,04 inmunizadas y sin inmunizar Fuente: propia .....</i>	200

## INTRODUCCIÓN

Según la problemática económica y ambiental que el mundo actual está atravesando, se han incrementado diferentes iniciativas por desarrollar e investigaciones que estén orientadas a hacer uso de recursos renovables y naturales, que puedan reemplazar o complementar materiales convencionales utilizados en la construcción actual (Mampostería en arcilla, cemento, acero, etc.) por otros materiales de menor costo ambiental, económico y energético. (technica, 2014)

La guadua es un material totalmente natural utilizado en Colombia y el mundo. Hace muchos años se considera como una de las plantas nativas más representativas de los bosques andinos por sus extraordinarias cualidades físicas, forma, peso liviano y propiedades estructurales que no solo superan a las de la mayoría de las maderas, sino que además pueden ser comparadas con las de acero y algunas fibras de alta tecnología. Por estas razones la guadua ha sido uno de los materiales de construcción de uso más diversificado que haya existido; por su bajo costo y fácil disponibilidad ha sido utilizado particularmente utilizado por gente de escasos recursos económicos, en algunos países tanto asiáticos como latinoamericanos. En su historia pueblos indígenas, campesinos, colonizadores, ingenieros y arquitectos ya han construido varias estructuras como viviendas, miradores, puentes colgantes y atirantados de pequeña escala, pero con alto nivel de ingeniería con este material.

En los últimos años esta planta gramínea ha tomado gran importancia en el emprendimiento de Colombia, y se han generado programas de pequeñas plantaciones para servicios ambientales como la protección de riberas de los ríos y de taludes, controlar la erosión, regular caudales hídricos, embellecimiento del paisaje en cuanto biodiversidad de flora y fauna promocionando el ecoturismo colombiano y como materia prima para la elaboración de productos artesanales en todos los campos. El emprendimiento colombiano con guadua angustifolia kunth se ha convertido en una actividad económica que ha venido creciendo con el transcurso del tiempo en el mercado nacional e internacional por la buena calidad y duración de los objetos realizados con este material.

La guadua angustifolia kunth tiene una baja durabilidad a través del tiempo, por esta razón es necesaria la preservación para alargar su vida útil. Existen diferentes métodos y conservantes que tienen gran impacto para alargar la vida útil del bambú, algunos métodos de preservación utilizan aditivos químicos que tienen un impacto negativo en el medio ambiente. Por esta razón se evaluará uno de los métodos más prácticos y accesibles en cuanto

a costos, mayor eficiencia, menor impacto negativo en el medio ambiente y sobre todo sin daño en la salud humana como el método de inmersión en ácido de bórax.

Con base a todo lo anteriormente indicado, el presente trabajo de investigación busca analizar los diferentes componentes de la guadua para mejorar sus capacidades, propiedades físicas y estructurales mediante un método de preservación con ácido de bórax para analizar su reacción ante la intemperie (radiación ultravioleta, humedad, agentes contaminantes). Y realizar una investigación exhaustiva de su cultivo, producción y aplicaciones en Colombia.



# CAPITULO I.

## GENERALIDADES

### 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

Las principales causas del deterioro de materiales, en la madera, aglomerados, son porque en algunos casos se encuentran expuestos a la intemperie a condiciones climáticas presentes en nuestro medio ambiente (radiación solar, humedad, cambios de temperatura y lluvia, etc. al mal uso, cuidado y protección de estos, ya que cualquier material sea madera o incluso el mismo hierro que es empleado en la construcción de grandes obras o viviendas tiende a oxidarse o deteriorarse.

Actualmente se ha reafirmado la efectividad de la guadua como elemento de construcción, desde un principio la civilización se ha encargado de utilizar este elemento para beneficios constructivos debido a sus características, es liviano y muy flexible, un recurso natural renovable que a diferencia de las maderas que se cortan y hay que volverlas a sembrar.

En el caso particular de Colombia resulta ser una opción viable a la hora de construir debido a que en el país se encuentran más de 500 familias, dentro de ellas aproximadamente 20 conforman las especies prioritarias de bambú, una de ellas en especial posee las mejores propiedades físico-mecánicas del mundo y extraordinariamente durabilidad: La Guadua angustifolia. Comprendiendo las innumerables ventajas de este material es importante darle más relevancia a la hora de construir, la manera óptima de utilizarlo y prolongar sus propiedades, de esta manera abordaremos propiedades, mejoramiento y métodos para la protección en la intemperie. (Bermúdez, Ecohabitar, 2013)

Los diferentes componentes de la guadua en todas sus fases como fibra, laminas, o culmos, sin ningún tratamiento protector, la mayoría de las estas especies tienen una durabilidad natural promedio de menos de 2 años. Almacenado a cubierto, el bambú no tratado puede durar 4-7 años.

*En este sentido, se plantea la pregunta de ¿Según sus propiedades físicas y mecánicas la guadua angustifolia se podría utilizar como material alternativo en la construcción usando un método de protección a la intemperie que mejore su durabilidad?*

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. GENERAL**

Realizar la investigación de la guadua como material alternativo en la construcción y hacer un análisis de un método de preservación de la intemperie para mayor durabilidad y resistencia.

### **1.2.2. ESPECÍFICOS**

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la guadua como material alternativo en la construcción.
- Analizar un método para proteger el bamboo de la intemperie (radiación ultravioleta, humedad y agentes contaminantes)
- Identificar aspectos generales acerca de la guadua, sus propiedades físicas, proceso de cultivo, producción y aplicación en Colombia

## **1.3. ANTECEDENTES**

La guadua también conocida científicamente como *guadua angustifolia kunth* reconocida por ser un material liviano y flexible que puede ser utilizada en construcciones sismo-resistentes. En la construcción e ingeniería en bambú – guadua se ha venido implementando de una forma artesanal desde hace cientos de años en la construcción de viviendas, puentes y edificaciones ceremoniales, demostrando su gran versatilidad y resistencia adoptando el denominado nombre “acero vegetal” como es conocido en Colombia, Ecuador y Panamá, los países de América que registran mayor tradición de su uso, de hecho, en estas zonas existieron las mayores extensiones de la especie en el continente.

En su forma natural (guadua rolliza) se utiliza para la construcción de cubiertas, puentes y viviendas; su diseño como elemento estructural

actualmente está contemplado en la NSR 10 (AIS, 2010a) en el Título G Estructuras de madera y estructuras de guadua (AIS, 2010b). Además, al ser la guadua rolliza un producto natural, sus propiedades físicas y mecánicas dependen de muchos factores como la edad, la geometría, la altura sobre el nivel de mar, las condiciones ambientales y topográficas, las características del suelo entre otros por lo que tienen un grado de variabilidad tan grande que hace que la resistencia que se asume para el diseño sea en muchos casos conservadora o que los ingenieros prefieran otros materiales con los que se tenga más certeza de su adecuado comportamiento ante condiciones de servicio y de resistencia. (TAKEUCHI, 2014)

Latinoamérica es la región más rica en términos de diversidad y número de bambúes leñosos, con 20 géneros y 429 especies, con la más alta diversidad y potencial para el desarrollo del recurso. (Romero, 2015)

China es el país asiático que ha experimentado en las últimas décadas (1975 a 2003) un incremento significativo en la producción de tallos de bambú, creciendo el producto de su industrialización de 0.6 billones de dólares en 1990 a 3.5 billones de dólares en el 2003, y consecuentemente el volumen de exportación de 170 millones de dólares en 1990 a 900 millones de dólares en el 2003, habiéndose en algunas regiones de ese país producido un incremento de hasta US\$ 900.00 por familia/año por encima del ingreso sin considerar el bambú. Se han creado mayor número de puestos de trabajo, especialmente para mujeres, producto de la utilización de nueva tecnología, desarrollo y perfeccionamiento de nuevos productos, sobre la base de programas de investigación y extensión en diversos campos relacionados con el recurso. (Janssen, 2000)

Se puede evidenciar en la historia colombiana que algunas personas se vieron obligadas a ver la guadua desde otras alternativas, gracias al apoyo que ésta puede ofrecerle a diario al hombre en el momento que las inclemencias en que la naturaleza atacan con mucha crudeza. Caso específico es lo sucedido en el eje cafetero, en donde después del terremoto que se vivió, el 25 de enero de 1999, se empezaron a crear innumerables proyectos de viviendas con guadua, y se crea una serie de corporaciones, entidades, laboratorios y universidades, dedicados a investigar las infinitas bondades de la guadua.

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad en la construcción se están buscando nuevos materiales para ser utilizados en las edificaciones, que sean renovables y ambientalmente sostenibles y la guadua es un material que cumple con estos requisitos ya que a nivel mundial existen plantaciones de este producto que podría remplazar materiales convencionales como el acero. La guadua posee unas propiedades físicas y mecánicas que según estudios y construcciones realizadas su comportamiento es factible para uso en las vigas y columnas de estructuras entre otras aplicaciones, debido a esto, en un futuro cercano se podría convertir en un material indispensable en las obras de estructuras. Una de sus ventajas es el menor costo en comparación con materiales convencionales en la construcción y según sus características de dureza y flexibilidad, es un material altamente sismo resistente.

El bambú se ha convertido en uno de los productos forestales no maderables más importantes en la actualidad. Esto se debe a su tasa de crecimiento rápido, su naturaleza renovable, alta productividad, el período de maduración corta, y múltiples usos. Información sobre las propiedades físicas y mecánicas del bambú es importante para evaluar su idoneidad para diversos productos finales. Por ejemplo, las propiedades físicas tales como la densidad básica y contracción volumétrica se consideran factores importantes en la determinación de la suficiencia de la caña de guadua y su proceso de tratamiento químico para una mayor durabilidad.

En consecuencia, las propiedades físicas y mecánicas de los materiales leñosos como lo es la guadua angustifolia khunt pueden cambiar a través del tiempo después de cierto envejecimiento, exposición al aire libre y/o agentes bióticos contaminantes tales como escarabajos, termitas, hongos etc. Por lo que es importante que exista un tratamiento de inmunización para que brinde una mayor durabilidad y resistencia en cuanto a sus propiedades físicas y mecánicas.

Esta investigación se realizó con el fin de promover e incentivar el uso de la guadua en la industria de la construcción como un material alternativo propio para esta actividad, debido a sus diferentes características y ventajas. Y así mismo incentivar uno de los tratamientos de inmunización más acertados para brindar una mayor confiabilidad en cuanto durabilidad y resistencia de la guadua angustifolia kunth

## 1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

El alcance del presente proyecto consiste en la investigación y análisis de las características y componentes de la guadua enfocándonos en los culmos de la guadua bajo una metodología predeterminada, con la finalidad de mejorar su durabilidad, resistencia y características físico-mecánicas mediante un método de preservación teniendo en cuenta que, sin ningún tratamiento protector, la mayoría de las especies de bambú tienen una durabilidad natural promedio de menos de 2 años. Almacenado a cubierto, el bambú no tratado puede durar 4-7 años.

Como limitaciones durante el proceso del proyecto, se estima los siguientes:

- Tiempo de elaboración: el tiempo de aplicación del proyecto fue medido, toda vez que se dependía de la disponibilidad del laboratorio para realizar los ensayos y estudios correspondientes de acuerdo con los resultados arrojados durante el proceso de elaboración e inquietudes generadas durante las pruebas de laboratorio efectuadas.
- Estudio: el presente proyecto se limita únicamente al estudio del culmo de la guadua.
- Prueba y error: debido a que el proyecto obedece la rama investigativa, se presentaron ensayos de prueba y error, con el fin de comprobar y cumplir el alcance del presente trabajo de grado.
- Disponibilidad de equipos para ensayos: como se evidencia en la metodología seguida, se deben realizar un proceso de ensayos los cuales requieren de equipos específicos, los cuales en dichos casos se deberá verificar su disponibilidad en la universidad o demás entidades.

## 1.6 MARCO TEÓRICO

Desde hace 3.000 años en Japón y China, la guadua o bambú ha sido fuertemente relacionada con los principios del Feng-Shui, que sugieren armonía total en todas las cosas, armonía en el ambiente y el concierto entre el hombre y su medio. Esta visión amplia e inteligente para valorar la guadua, les ha permitido encontrar en la especie un sinnúmero de posibilidades y ventajas aplicadas al campo industrial, con excelentes resultados económicos, enorme rentabilidad, amplio protagonismo de productos en los mercados internacionales y un desarrollo tecnológico efectivo para su procesamiento, tal vez el mejor del mundo.

Su uso es tan antiguo que, según el libro “Nuevas técnicas de construcción en Bambú “(1978), en Ecuador se han encontrado improntas de bambú en construcciones que se estima tienen 9.500 años de antigüedad. (Bermúdez, 2013)

### 1.6.1 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

**Culmo:** es el Eje aéreo segmentado formado por nudos y entrenudos el cual por su estructura le da mayor resistencia a la guadua para usos constructivos dependiendo de su diámetro.

**Rodal:** Conjunto de culmos que pueblan un terreno diferenciándolo de los colindantes que tienen sus similares características.

**Área de sección transversal:** En un corte transversal del culmo es el área de la sección perpendicular a la dirección de las fibras y de los vasos conductores.

**Diámetro externo:** Diámetro de una sección transversal de una pieza de guadua medido desde dos puntos opuestos en la superficie externa.

**Contenido de humedad:** Contenido de agua al interior de un cuerpo expresado como la relación en porcentaje entre el peso del agua contenida y el peso del material anhidro.

**Espesor de la pared:** Grosor de la pared de una probeta de Guadua angustifolia en mm.

**Probeta:** Segmento o pieza de Guadua que se usa para ensayos o pruebas de laboratorio con medidas específicas.

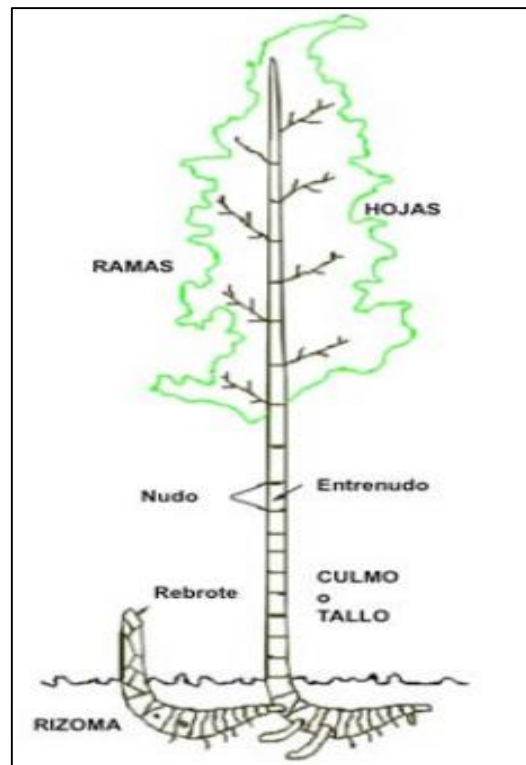
**Muestra:** cantidad de culmos necesarios para el ensayo

**Luz:** espacio entre soportes entre apoyos para realizar el ensayo de flexión

**Compresión:** al usarse en construcción la guadua es sometida a la compresión y su resistencia es relativamente alta, pero depende de la relación entre el diámetro y su longitud. (INCOTEC 5525, 2007)

### 1.6.2 MORFOLOGÍA GENERAL DEL BAMBU GUADUA

Las principales partes de la guadua angustifolia khunt (Figura 1) son: el rizoma, el tallo o culmo, las ramas y las hojas. El rizoma es el sistema de soporte de la guadua. Tiene una parte superficial y una parte subterránea donde se encuentran las raíces de la planta, las cuales se ramifican y propagan generando brotes de nuevas guaduas.

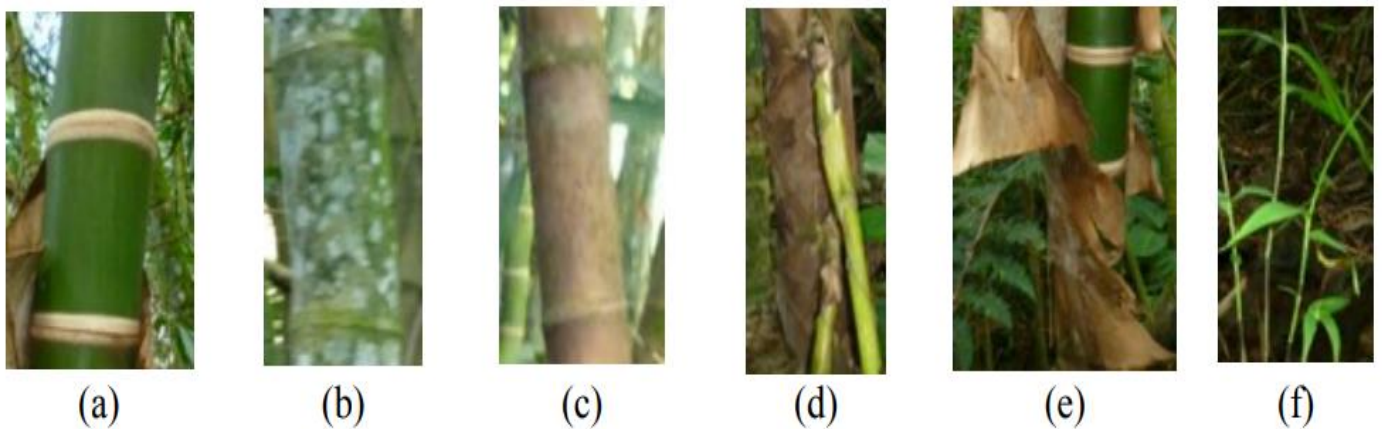


**Figura 1** Partes de la guadua **Fuente:** (PAEZ, 2002)

El culmo del bambú guadua es su tallo y sale del rizoma. Se caracteriza por tener forma cilíndrica y hueca con segmentos formados por entrenudos, separados transversalmente por tabiques o nudos; la distancia entre los nudos puede variar entre 10cm y 40 cm de acuerdo con la variedad y posición en altura del culmo. El diámetro y el espesor de la pared del culmo disminuyen con la altura mientras la densidad, la concentración de fibras y la distancia entre nudos aumentan con ésta. Puede alcanzar alturas promedio de 18m a 20m y tener diámetros entre 5cm y 25cm.

A diferencia de la madera, el culmo no posee cambium y su crecimiento se realiza al alargarse los entrenudos.

Cuando termina el desarrollo del tallo se inicia el proceso de maduración. La guadua antes de los 3 años es una guadua joven con coloración verde brillante (Figura 2.2(a)) y superficie libre de musgo, tiene un alto contenido de humedad, por lo cual, al secarse, una vez se ha cortado para ser utilizada, presenta rajaduras y deformaciones, además es más susceptible de ser atacada por insectos. Entre 3 y 6 años la guadua tiene su mayor resistencia y dureza siendo apta para la construcción, su tallo tiene una coloración verde oscura, líquenes y manchas de hongos (Figura 2.2(b)). Se conoce la guadua de esta edad como madura o adulta. Posteriormente, cuando la guadua está sobremadura o seca, el tallo toma un color amarillento y pierde resistencia (Figura 2.2(c)).



**Figura 2** Edades De Guadua (a) Guadua joven, (b) Guadua madura, (c) Guadua sobre madura, (d) Yemas, (e) Hojas caulinares, (f) Hojas foliares. (TAKEUCHI, **CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL BAMBÚ GUADUA**, 2014)

Las ramas salen de las yemas que se encuentran por encima de las líneas de los nudos (Figura 2.2(d)) cuando ha terminado el proceso del desarrollo del culmo. Las hojas caulinares (Figura 2.2(e)) que se forman en cada uno de los nudos que aparecen, protegen la parte aérea de los rizomas, el tallo y las yemas en su proceso de formación y se desprenden una vez ha concluido este proceso. Las hojas foliares tienen forma alargada y longitudes entre 15 y 20 cm y anchos entre 2 y 5 cm (Figura 2.2(f)). (TAKEUCHI, **CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL BAMBÚ GUADUA**, 2014)

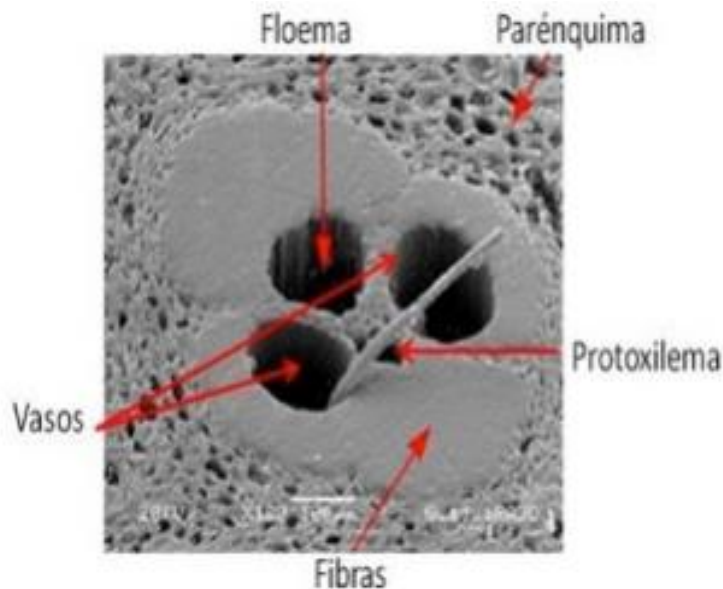


### 1.6.3 ANATOMÍA DEL CULMO DEL BAMBÚ GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

El comportamiento mecánico del culmo del bambú ante diferentes sollicitaciones y Direcciones depende de su anatomía interna. En la sección transversal de los culmos de los bambúes, incluyendo la *Guadua angustifolia* Kunth, se pueden distinguir: la corteza exterior, la capa interna, los haces vasculares y el tejido parenquimático.

La corteza es la parte exterior del culmo y tiene la función de proteger la parte interna e impedir el paso de agua que pueda deteriorar el tejido interno. Esta es la razón por la cual posee además de las células alargadas axialmente, propias del tejido, parejas de células cortas de corcho y sílice que le dan características de dureza e impermeabilidad. Las células de la epidermis están cubiertas además de una capa cutinizada de celulosa, en la *Guadua angustifolia* no se evidencia un recubrimiento de cera que se encuentra en otros bambúes. La capa interna, está compuesta de capas de células que rodean la cavidad interna de la guadua. Los haces vasculares están compuestos por el sistema conductivo.

(Londoño C. R., 2002)



**Figura 3** Haz vascular de la *Guadua angustifolia* Fuente: (Sanchez de real & Rodriguez, s.f.)

#### 1.6.4 PARTES DE LA GUADUA Y SU USO EN LA CONSTRUCCIÓN

El bambú en construcción es un material inmejorable usado desde más remota antigüedad por el hombre para aumentar su comodidad y bienestar. En el mundo de plástico y acero de hoy, el bambú continúa aportando su centenaria contribución y aun crece en importancia.

Los programas internacionales de cooperación técnica han reconocido las cualidades excepcionales del bambú y están realizando un amplio intercambio de variedades de esa planta y de los conocimientos relativos a su empleo. En seis países latinoamericanos se adelantan hoy proyectos destinados a ensayar y seleccionar variedades sobresalientes de bambú recoleccionadas en todo el mundo, y también a determinar al lugar potencial de ese material en la economía local. Estos proyectos, que ahora son parte del programa de cooperación técnica del punto cuarto han venido realizándose durante varios años y algunos de ellos han llegado ya a un grado de desarrollo en el que la multiplicidad de usos del bambú ha llegado a ser una estimulante realidad.

**Copa:** Tiene una longitud entre 1,20 y 2,00 m. Se repica en el suelo del guadua como aporte de materia orgánica.

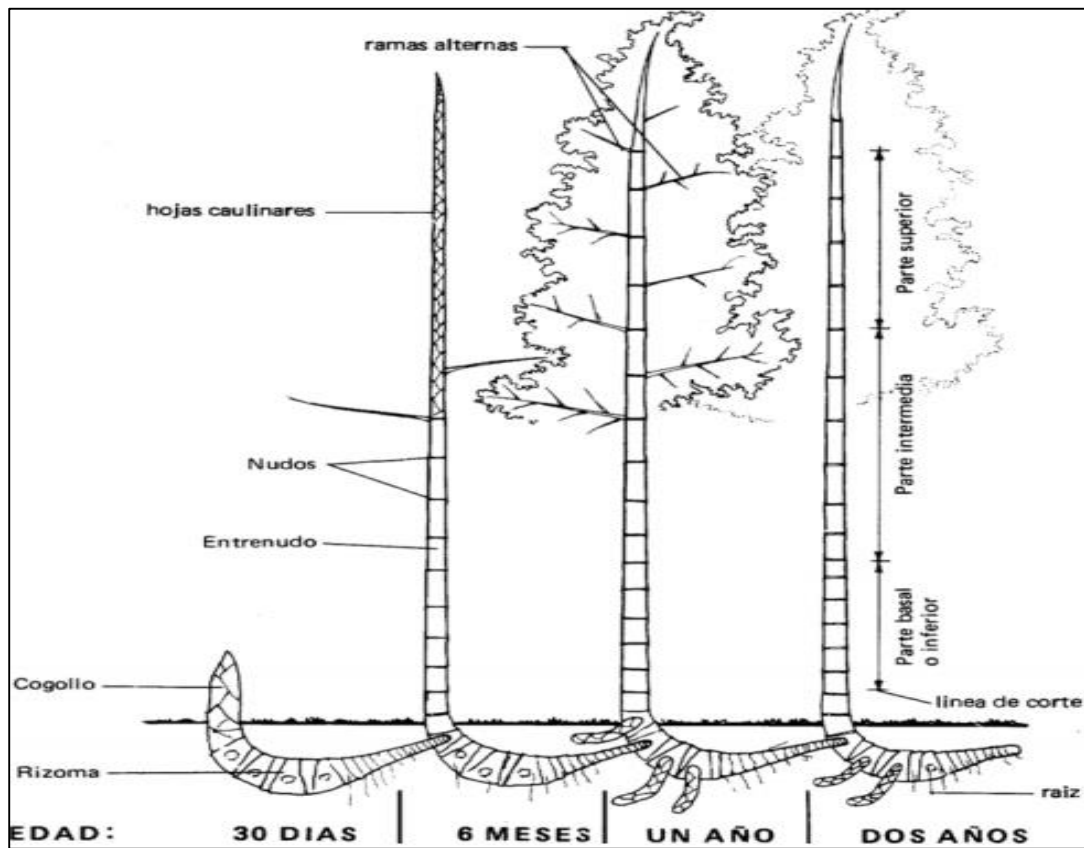
**Varillón:** Tiene una longitud de 3,00 m. Se utiliza en la construcción como correa de techos con tejas de barro o de paja. Se emplea como tutor en cultivos transitorios.

**Sobrebasa:** Tiene buen comercio debido a su diámetro; tiene una longitud de 4,00 m. Se utiliza como elemento de soporte en estructuras de concreto de edificios en construcción. También se emplea como moldes para losas y como postes de espalderas en cultivos.

**Basa:** Parte que mayores usos tiene, debido a su diámetro intermedio. Es la sección más comercial de la guadua, llamada también guadua rolliza. Longitud de 8,00 m. De esta sección se elabora generalmente la esterilla, la cual tiene múltiples usos: en construcción de paredes, casetones y moldes para losas. Se utiliza además como vigas y postes

**Cepa:** Sección basal del culmo de mayor diámetro, debido a sus entrenudos<sup>1</sup> más cortos proporciona una mayor resistencia, tiene una longitud de 3,00 m. Se utiliza como columnas en construcción y como cercos.

**Rizoma:** Es un tallo modificado, subterráneo, que se conoce como “caimán”. Se usa en decoración y juegos infantiles. (Ecobambusa, 2008)



**Figura 4** Conformación del culmo de la guadua (Ecobambusa, 2008)

#### 1.6.4.1 REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10

Dentro de los principios de sismo resistencia se consideran factores como:

- Formas regulares.
- Bajo peso.
- Mayor rigidez.
- Buena estabilidad.
- Suelo firme y buena cimentación.
- Estructura apropiada.
- Materiales competentes.

- Calidad de construcción.
- Capacidad de disipar energía.
- Fijación de acabados e instalaciones.

Muchos de estos principios se cumplen con la guadua como material de construcción, siempre y cuando esta sea manejada según lo establecido en la norma. Las anteriores normas sísmicas colombianas desde su primera expedición en 1984 incluyeron un título de requisitos mínimos para el diseño y construcción de casas de uno y dos pisos. La última actualización de la norma de diseño y construcción sismo resistente (NSR-10) incorporó de nuevo dichas disposiciones bajo la misma denominación de título E, más específicamente en el capítulo E7- “Bahareque encementado”

(NSR10, 2010)

### **1.6.5 DURABILIDAD DEL BAMBÚ**

Sin ningún tratamiento protector, la mayoría de las especies de bambú tienen una durabilidad natural promedio de menos de 2 años. Almacenado a cubierto, el bambú no tratado puede durar 4-7 años. La parte inferior del culmo de bambú se considera más duradera, mientras que la parte interior suave de la pared se deteriora más rápido que la parte más dura exterior. Esto está relacionado con la naturaleza anatómica y química de las células leñosas. Aunque algunas de las características del bambú se parecen a las de la madera, sus características de crecimiento y microestructura son diferentes. A diferencia de las variedades de madera como la teca, la estructura del bambú carece de depósitos tóxicos.

Las grandes cantidades de almidón presentes en el bambú lo hacen muy atractivo para el moho y los hongos, las termitas y los escarabajos en polvo. Causan mucho daño durante el secado, almacenamiento y uso posterior. Las pruebas también han demostrado que el bambú es más propenso a la podredumbre blanda y al ataque de la pudrición blanca que a la podredumbre parda. (BAMBOO, 2019)



**Figura 5** Cumulo de bambú **Fuente: (BAMBOO, 2019)**

### **1.6.6 LA IMPORTANCIA DE LA PRESERVACIÓN DEL BAMBÚ**

No todos los métodos de curado garantizan resultados satisfactorios, lo que conduce a incertidumbres acerca de las ventajas de usar el bambú en conjunto. Una gran cantidad de bambúes utilizados con fines estructurales en viviendas rurales no reciben tratamiento (o son de una especie equivocada) y se deterioran en solo un par de años, por lo que la razón por la que el bambú todavía se considera una madera de hombres pobres.

El uso incorrecto no solo afecta la reputación del bambú, sino que también ejerce una gran presión sobre el recurso, ya que es necesario un reemplazo frecuente. Se deben usar conservantes químicos para proteger los productos de bambú de esa degradación.

La selección del método de tratamiento apropiado depende de varios factores:

- Estado del bambú; Verde o seco.
- Forma del bambú: bambú redondo o hendiduras.
- Aplicaciones finales; En contacto con el suelo, expuesto a la atmósfera, encubierto, estructural / no estructural.
- Escala; Cantidad a tratar y tiempo disponible.
- Causas potenciales de la desintegración; biótico (hongos / insectos) y abiótico (grietas / intemperie). (Schröder, 2014)



**Figura 6** Postes de Bambú tratados **Fuente:** (Schröder, 2014)

### 1.6.7 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PLANTA

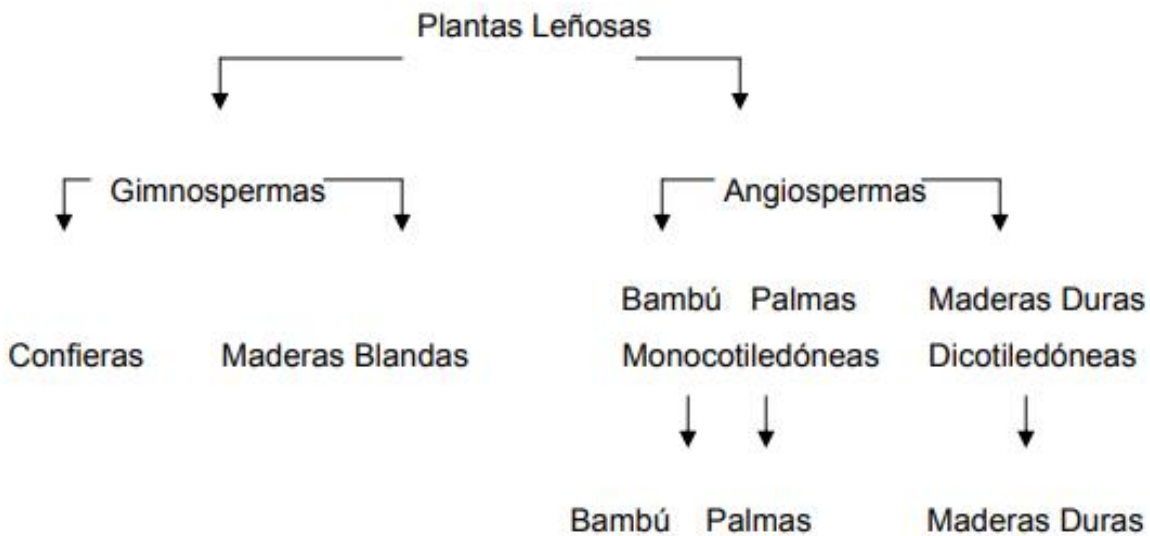
El bambú es una planta gramínea, botánicamente se clasifica en los Cormofitos, dentro de la subdivisión de los espermatofitinos (Fanerógamas):

Clase	Angiospermas
Subclase	Monocotiledóneas
Orden	Gluminofloralejo
Familia	Gramineaopoeaceae
Subfamilia	Bambusoideae
Tribu	Bambusae o Poaceae

Dentro de la subfamilia Bambusoidea existen aproximadamente 90 géneros en los que se clasifican las 1250 especies que se conocen dentro de cinco (5) tribus:

- Anomochloaeae
- Olyreae
- Buerge
- Siochioeae
- Sreptochactaeae
- Bambusae.

La especie bambusea es la más utilizada en la Industria de la construcción, dentro De la que se encuentra la Guadua angustifolia como la especie de mayor aplicación en Colombia. Las Gramíneas Bambusoides, morfológicamente se encuentran en el grupo de las plantas leñosas que se clasifican así:



(VELEZ, 2006)

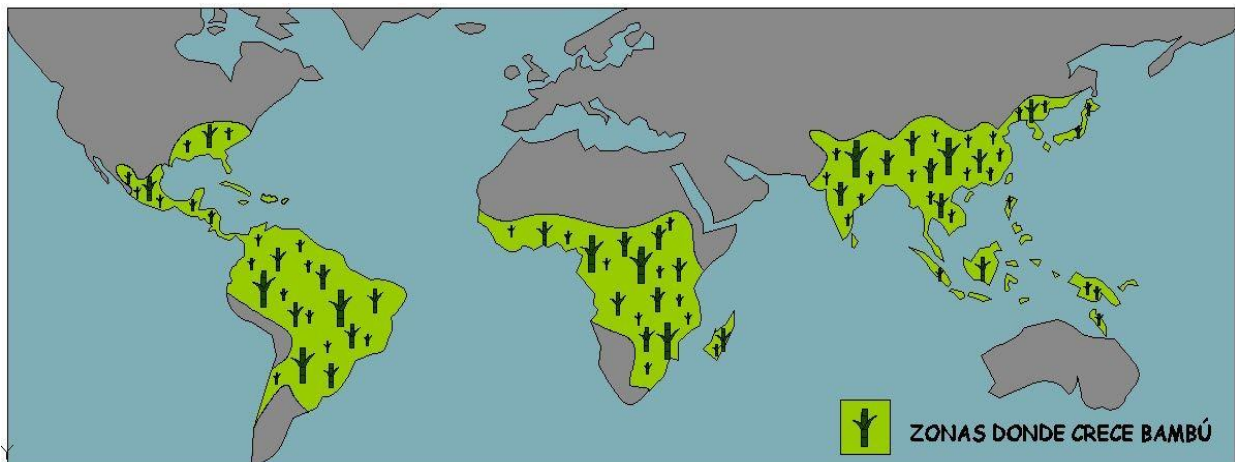


### 1.6.8 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA MUNDIAL DEL BAMBÚ

El Bambú en todas sus variedades constituye una de las familias botánicas más extensas e importantes para el hombre, con miles de usos y aplicaciones descritos en diferentes culturas. Son el único grupo de gramíneas adaptado para crear bosques y demuestran una enorme adaptabilidad a diferentes suelos y ambientes. Están presentes de manera natural en una amplia distribución geográfica que abarca principalmente tres grandes regiones; gran parte de América, el África subsahariana y una amplia zona de Asia.

(BAMBU, 2018)

Las diferentes especies de bambúes se caracterizan de acuerdo con la morfología de sus plantas, velocidad de crecimiento, forma de sus hojas, diámetro de sus tallos, entre otras características. Son nombradas con términos latinizados que generalmente contienen dos palabras, iniciando siempre con mayúscula, aunque en ocasiones se le añade el apellido de su descubridor. Los bambúes pueden ser plantas pequeñas de menos de 1m de largo y con los culmos (tallos) de medio centímetro de diámetro, hasta gigantes de unos 25m de alto y 30cm de diámetro.



**figura 7** Distribución natural de bambú en el mundo **Fuente:** (Bamboo as a structural element: species *Guadua amplexifolia*)

En América, existe casi la mitad de la diversidad mundial, reportándose un total de 41 géneros y 514 especies, que se distribuyen desde el Sudeste de los Estados Unidos de Norte América hasta Centro, y América del Sur, y las islas Caribe (Imagen 1). Con datos aproximados, de los países americanos, Brasil tiene la mayor diversidad, 220 especies; le sigue Colombia, 100



especies; Venezuela, 85 especies; Ecuador, 55 especies; Costa Rica, 47 especies y México con 45 especies (Teleche, 2006). De estas especies se tienen reconocidas 15 especies de bambúes en el Estado de Veracruz, lo que representa el 33% del total de las especies mexicanas. Debe considerarse que no todas las especies son aptas para su uso en construcción, pero la diversidad de especies augura la potencialidad económica de México dentro de este rubro que no debe ser desaprovechado.

(Bamboo as a structural element: species *Guadua amplexifolia*)

#### 1.6.8.1 DISTRIBUCION GEOGRÁFICA DE BAMBU EN COLOMBIA

El bambú es una planta autosostenible, de rápido crecimiento que trabaja en red. Con el bambú se pueden solucionar los problemas ambientales, sociales y económicos que afectan, a un lugar, un país o una región. Colombia en diversidad de bambúes es el segundo país de América, después de Brasil, con 18 géneros, 105 especies y cinco variedades, de las cuales 24 son endémicas, 69 son bambúes leñosos y 36 son bambúes herbáceos.

ALTITUD (msnm)	ESPECIES	HABITAT
0-500	<i>Guadua amplexifolia</i> , <i>G. macrospiculata</i> , <i>G. angustifolia</i> , <i>Rhipidodadum racemiflorum</i>	Bosque seco tropical a orilla de ríos y quebradas; bosque de galería; bosque montano y montano bajo; valle interandino y selva amazónica
500 - 1500	<i>G. angustifolia</i> , <i>R. racemiflorum</i> <i>Otatea fimbriata</i>	Bosque montano y montano bajo; valle interandino húmedo y seco
1500 - 2000	<i>G. angustifolia</i>	Bosque montano, a orilla de ríos y quebradas; valle interandino
2000 – 2500	<i>R. harmonicum</i> , <i>R. geminatum</i> <i>Chusquea antioquiensis</i> , <i>C. subulata</i>	Bosque montano y montano alto
2500 – 3000	<i>Aulonemia queko</i> , <i>C. subulata</i> , <i>R. longispiculatum</i> , <i>R. geminatum</i>	Bosque montano alto

**Tabla 1** Distribución altitudinal de las especies de bambúes prioritarias en Colombia **Fuente:** (Londoño X. , 2011)

Angustifolia, bicolor y negra, a partir de siete muestras tomadas en caldas, Risaralda, Quindío y el norte del valle del cauca, más otras cinco de los municipios de pacho, Villeta y guaduas, en Cundinamarca, ofrecidas por lucía Ana Díaz, investigadora de la pontificia universidad javeriana de Bogotá.



**Figura 8** Distribución por zonas de la *guadua angustifolia* en Colombia

En el departamento de Quindío y en el municipio de Villeta (Cundinamarca), se detectó heterogeneidad genética, es decir que las características de la *guadua* permanecen “puras”. Lo anterior porque no ha habido contacto de las *guaduas* de una zona con otra en su misma región, lo que aparentemente ha conservado sus características propias.

## **1.7 MARCO CONCEPTUAL**

### **1.7.1 TRATAMIENTOS PARA INCREMENTAR LA DURABILIDAD DEL BAMBÚ**

El tratamiento del bambú es dividido en dos categorías: tratamiento de bambú verde y tratamiento de bambú seco. Además de los métodos establecidos para el tratamiento de madera, también hay algunos métodos tradicionales que son usados en el tratamiento del bambú.

### **1.7.2 MÉTODOS TRADICIONALES DE PROTECCIÓN (NO QUÍMICOS)**

En el bambú, los almidones y los azúcares son uno de los principales alimentos para los insectos y hongos manchadores o cromógenos. Los métodos que se utilizan para reducir el contenido de estos carbohidratos en el bambú son.

- Cortar el bambú durante la estación en la cual el contenido de carbohidratos sea más bajo: el contenido de azúcar en la mayoría de las plantas varía con la estación, siendo menor en la estación más seca.
- Cortar el bambú a la edad madura: ya que el contenido de carbohidratos en esta etapa es bajo. Generalmente el bambú madura a los 3 ó 4 años.
- Curado: los tallos son cortados en la base, dejándoles las ramas y hojas de tal manera que la transpiración continúe, reduciéndose el contenido de carbohidratos en el tallo. (Burgos, 2003)

### **1.7.3 MÉTODOS DE PRESERVACIÓN CON TRATAMIENTOS QUÍMICOS**

La protección química asegura una vida más larga para el bambú, se puede usar una gran variedad de químicos, dependiendo de las condiciones del culmo (verde o seco) y del uso final en servicio. Tanto el tratamiento a presión como el sin presión pueden ser usados efectivamente, la clave está en la penetración y distribución de las dosis recomendadas de preservante.

- Desplazamiento de savia: El bambú redondo o cortado a la mitad o en tiras es sumergido verticalmente unos 25 cm en una solución a concentraciones del 5 al 10% de preservante hidrosoluble, por ejemplo, ácido bórico-bórax, ácido cúprico-cromo, CCA, etc. La solución preservante sube por acción capilar a medida que la savia es desplazada.

- Proceso de difusión: Los culmos recién cortados o con altos contenidos de humedad ( $> 50\%$ ) son sumergidos en soluciones de preservantes hidrosolubles por un período de 10 a 20 días para obtener la retención requerida. La absorción es mayor en bambú cortado longitudinalmente que en redondo, como la capa externa es más o menos impermeable y la interna permeable, al perforar en o cerca de los nudos se incrementa la difusión resultando en una mejor penetración y retención.
- Tratamiento a presión. Estos son aplicados en algunos países utilizando preservantes hidrosolubles o creosota. Su costo es considerablemente alto y en muchos casos, no económico para un material tan barato como el bambú.
- Inmersión: Este tratamiento consiste en sumergir el bambú en una solución preservante por un período que va a depender de la especie, edad, espesor de la pared del culmo y la absorción requerida. Siendo la penetración principalmente por capilaridad y el método requiere de poco equipo y capacitación técnica.  
(Burgos, 2003)



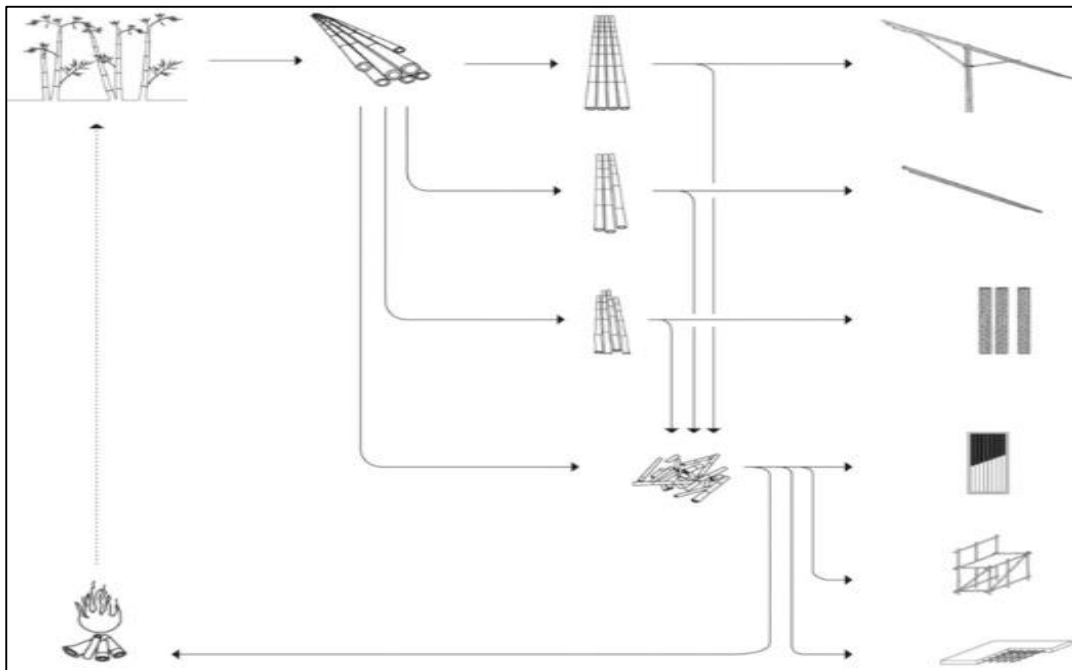
**Figura 9** Piscinas para inmunización de la guadua (OSPINA)

## 1.8 ESTADO DEL ARTE

### 1.8.1 INVESTIGACIÓN DE LA GUADUA Y SU USO CONSTRUCTIVO EN LA ACTUALIDAD

La construcción en bambú conocido localmente como guadua es una de las técnicas locales que representa la arquitectura colombiana hoy día. Siendo amigable con su entorno, es un material que funciona como elemento constructivo útil, práctico y gracias a su rápido crecimiento lo podemos adquirir fácilmente en Colombia. Campesinos, arquitectos y constructores han adoptado el denominado “acero vegetal” en muchos de sus proyectos que se funden con el paisaje, ya que con un manejo adecuado sirve en los diferentes pisos térmicos que posee el país sudamericano. Así mismo, brinda diferentes variaciones en tanto a su textura y sus tonos de color, dando un sentido estético brillante y sutil a sus edificaciones.

Durante los últimos 35 años las técnicas de manejo de bambú se han perfeccionado de manera que ha permitido su utilización en sistemas estructurales, cerramientos, muebles e incluso lencería, despertando la curiosidad de muchos guadueros tanto a nivel nacional como mundial. "No es un material para pobres o ricos, es para seres humanos" ha dicho Simón Vélez, uno de los arquitectos pioneros en construcciones con guadua en Colombia, y es por ello que se debe aprovechar este material renovable, resistente, duradero, ecológico y sostenible.



**Figura 10** Métodos de utilización de Guadua (**Bermúdez, La guadua: una maravilla natural de grandes bondades, 2013**)

China, India y Colombia son los países que han desarrollado mejores técnicas de construcción con bambú: los dos primeros han experimentado su uso incluso en proyectos estructurales como puentes colgantes y cúpulas. Mientras Colombia actualmente se ha destacado en la construcción de viviendas y como material para aligerar losas de grandes edificios.

### **1.8.2 ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS DE FIBRA DE GUADUA ANGUSTIFOLIA**

Hallada en estado natural en Colombia, alcanza los 30 metros de altura y los 22 centímetros de diámetro y en este país se han identificado dos variedades que también son únicas: La Guadua angustifolia bicolor y Guadua angustifolia Negra. La guadua es un bambú leñoso que pertenece a la familia de las gramíneas, de la cual existen realmente en el mundo cerca de 1.000 especies, 500 de ellas en América. De éstas, aproximadamente 20 conforman las especies prioritarias de bambú y dentro de ellas Colombia tiene una que posee las mejores propiedades físico-mecánicas del mundo y extraordinaria durabilidad: La Guadua angustifolia.

Esta especie está dotada y rodeada de condiciones que la hacen ideal para distintos campos de aprovechamiento, ya que se trata de un recurso sostenible y renovable porque se auto multiplica vegetativamente, es decir, que no necesita de semilla para reproducirse como ocurre con algunas especies maderables. Tiene, además, alta velocidad de crecimiento, casi 11 cm de altura por día en la región cafetera y afirman que en sólo 6 meses puede lograr su altura total.

Adicionalmente, la Guadua es un recurso abundante frente a otros recursos explotados forestalmente. Esta condición también representa una enorme riqueza ambiental, ya que la guadua es un importante fijador de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), hasta el punto de que su madera no libera a la atmósfera el gas retenido después de ser transformada en elemento o ser usada en construcción, sino que éste se queda fijo en las obras realizadas con ellas. Tal particularidad llama la atención de los países industrializados que, según el Protocolo de Kyoto, debe disminuir la emisión de gases de efecto invernadero entre el año 2008 y el 2012. Estos países ven en la especie una alternativa que podría ayudar a resolver un inquietante problema global y que lo haría, tal vez, a costos más bajos que con otros procesos tecnológicos más complejos.

(Bermúdez, La guadua: una maravilla natural de grandes bondades, 2013)

### **1.8.3 INVESTIGACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA GUADUA**

Uno de los problemas actuales sobre las características físico-mecánica de la guadua, es que la documentación de dichas investigaciones no se encuentra homologada; para tener un orden de magnitud y dada la seriedad y representatividad de los ensayos realizados por el “Instituto Alemán de Pruebas de Materiales de Construcción Civil de Stuttgart” en noviembre de 1999 para el pabellón ZERI de Colombia en ExpoHannover, en guadua variedad “macana” procedente de la zona cafetera, presentamos sus resultados advirtiendo que estos no corresponden a los límites sino a los de diseño:

- Compresión. Sigma: 18 N/mm<sup>2</sup>, Lamda: 0, Módulo de Elasticidad: 18.400 N/mm<sup>2</sup>
- Tensión. Sigma 4 18 N/mm<sup>2</sup>, Módulo de Elasticidad: 19.000 N/mm<sup>2</sup>
- Flexión: Sigma 18 N/mm<sup>2</sup>, Módulo de Elasticidad: 17.900 N/mm<sup>2</sup>
- Cortante: Tau –sin cemento en el canuto- 1.1 n/mm<sup>2</sup>
- Peso Específico: 790 Kg/m<sup>3</sup>.

De manera comparativa se encuentra que una varilla de hierro de 1 cm<sup>2</sup> de sección –menos de 1/2”- resiste a la tracción 40 KN (Kilo Newtons); una guadua con una sección de 12 cm<sup>2</sup> resiste 216 KN, por ello se le denomina “acero vegetal”. Recordemos que la guadua trabaja muy bien al flexo compresión y a la tracción, en este último el problema es cómo sujetarla eficientemente; trabaja muy mal a la flexión y al aplastamiento perpendicular a su longitud; por consiguiente, las estructuras de guadua deben calcularse como barras articuladas en los empates, pues en ninguno de estos nudos puede considerarse como una estructura a porticada o un empotramiento.

(Urueña, 2001)

### **1.8.4 PROPIEDADES MECANICAS DEL BAMBÚ**

Aunque todavía no existe ningún código, ya se hicieron varios ensayos que nos permiten conocer las propiedades mecánicas del bambú, como fuerza de rotura, deformaciones en el límite proporcional y recomendaciones para fuerzas admisibles. Los distintos resultados están variando en sus especificaciones y en sus valores, pero ya se puede concluir un promedio de resistencias mínimas de todas las investigaciones. A dichos valores todavía hay que aplicar factores de seguridad para conocer las fuerzas admisibles.

La siguiente tabla presenta los valores promedio en comparación con los que más comúnmente se trabaja.

EL BAMBÚ EN COMPARACION					
Material	Resistencia de diseño (R) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Masa por volumen (M) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Relación de resistencia (R/M) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de elasticidad (E) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Relación de rigidez (E/M) (Kg/cm <sup>2</sup> )
Concreto	82	2400	0.032	127400	53
Acero	1630	7800	0.209	214000	274
Madera	76	600	0.127	112000	187
Bambu	102	600	0.170	203000	340

**Tabla 2** Comparación propiedades mecánicas materiales **Fuente: (Chaviano, 2013)**

Gracias a su forma tubular el bambú tiene una esbeltez y un radio de giro muy favorables con respecto a las secciones de madera o acero con un pedo igual. El bambú tiene mayor resistencia en comparación a la madera y en cuanto a la relación entre fuerza máxima y peso, el bambú presenta un valor interesante ya que se aproxima al acero.

Revisando los valores de resistencia presentados en la tabla No 1, se observa que el bambú tiene propiedades mecánicas muy altas con relación a la madera y aun con el hormigón. Esto le da un potencial estructural excelente que poco se explota en el mundo, excepto por algunos países que tienen larga tradición en su uso como son la india, malasia, china y apenas hace unos pocos años en el continente americano Colombia y Costa Rica.

Se puede concluir que el bambú es apto para las estructuras livianas y espaciales en donde aparecen fuerzas axiales.



Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	825
Resistencia a flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	856
Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> )	203873
Resistencia a cortante paralelo a la fibra (Kg/cm <sup>2</sup> )	23
Resistencia tensión (Kg/cm <sup>2</sup> )	2038-3058

**Tabla 3** Propiedades mecánicas del Bambusa en condición seca **Fuente: (Chaviano, 2013)**

### 1.8.5 ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE HACES DE FIBRA DE GUADUA ANGUSTIFOLIA

Este estudio abarcó la determinación de las propiedades mecánicas de los haces de fibra de Guadua angustifolia en Función de tres Factores: edad del culmo, altura del culmo y espesor de pared, con el propósito de evaluar la posibilidad de que dichos haces puedan ser utilizados como Fase de refuerzo en materiales compuestos.

Utilizando el ensayo de tensión se obtuvieron los siguientes resultados: resistencia a la tensión máxima promedio, 642,58 MPa, módulo de elasticidad promedio, 26,61 GPa, porcentaje de elongación promedio, 2,4. Los haces de fibra que presentaron mayor resistencia a la tensión promedio Fueron los intermedios para todas las edades, el mayor módulo de elasticidad promedio se presentó en haces de fibra exteriores de culmos maduros y el menor porcentaje de elongación se presentó en haces de fibra exteriores del culmo.

UNIDAD EN KG/M <sup>2</sup>	MÓDULO DE ELASTICIDAD A TRACCIÓN	MÓDULO DE ELASTICIDAD A COMPRESIÓN	MÓDULO DE ELASTICIDAD A FLEXIÓN	
MATERIAL				
Guadua	190.000	184.000	179.000	
Otras maderas	Entre 90.000 y 180.000	Entre 96.000 y 169.000	Entre 108.000 y 128.000	
En el caso del bambú, las propiedades mecánicas dependen de las características físicas del material que en particular sea utilizado en construcción y no corresponden a valores absolutos o comparables con otras muestras, ya que las condiciones varían notablemente. Estos gráficos corresponden solo a un esquema comparativo general ya que casi siempre, para un mismo material su resistencia puede variar.				
UNIDAD EN KM/M <sup>2</sup>	RESISTENCIA A TRACCION	RESISTENCIA A COMPRESION		RESISTENCIA A FLEXION
MATERIAL		PERPENDICULAR A LA FIBRA	PARALELO A LA FIBRA	
Guadua	430	560	650	740
Aliso	108	68	357	460
Arboloco	Entre 500 y 1500	132	405	390
Otras maderas	1000	Entre 50 v 144	400	Entre 500 v 720

**Tabla 4** Valores de propiedades físico-mecánicas de haces de fibra de guadua (**HERRERA, s.f.**)

Podemos apreciar en la tabla 4 donde se presentan los valores promedio de resistencia máxima a la tensión, módulo de elasticidad y porcentaje de elongación de los haces de fibra de Guadua angustifolia en función de la ubicación y la edad del culmo. No se tienen en cuenta la resistencia de las fibras en función de la altura del culmo, dado que desde el punto de vista estadístico no se presentaron diferencias significativas.

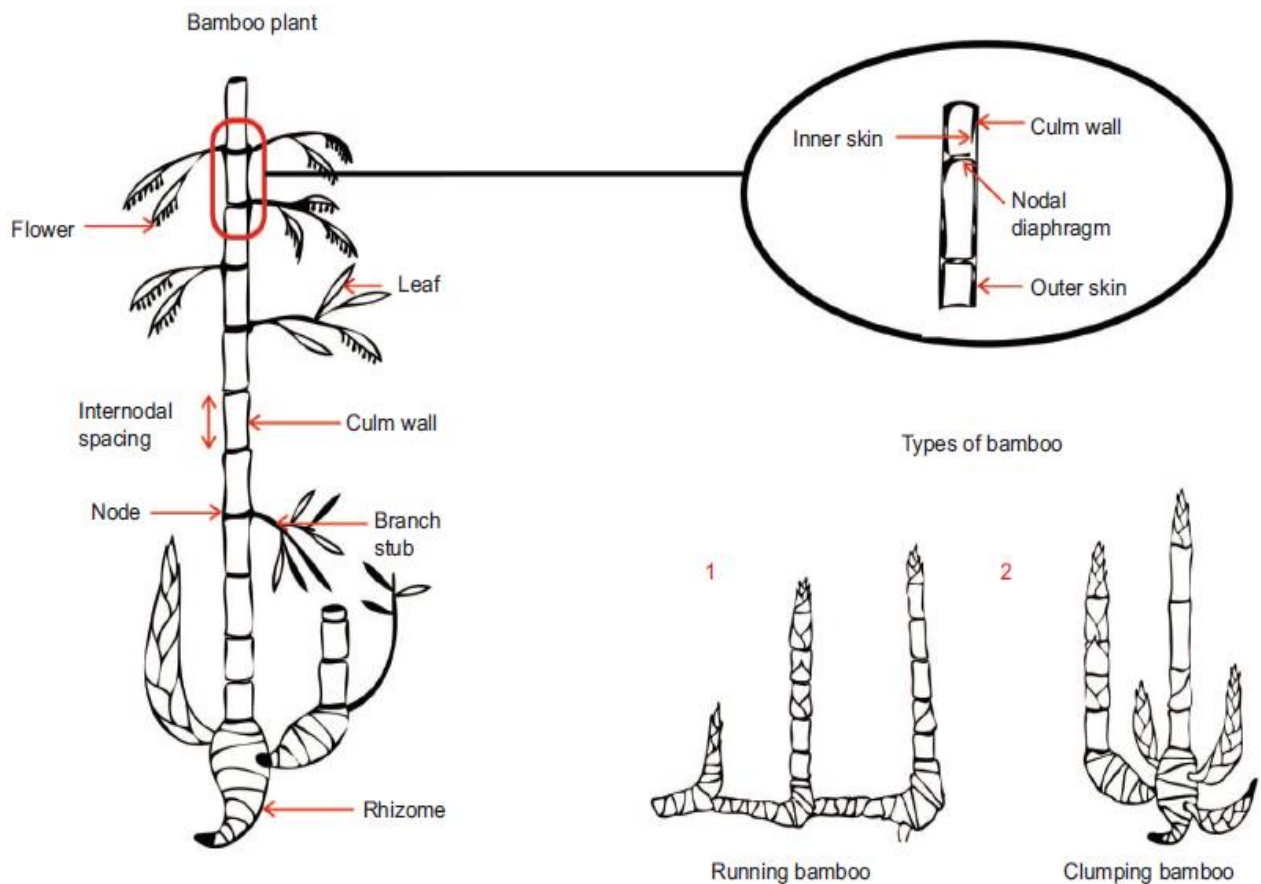
### 1.8.6 GUADUA EN LA CONSTRUCCION

La construcción de bambú de culmo completo no se practica extensivamente en todo el mundo, con usos primarios de la construcción tradicional de bambú en Asia, América Latina y África oriental. En Colombia, Trujillo et al. (2013) señaló cinco tipos de bambú Estructuras: construcción tradicional, vivienda social, lujo. Viviendas, edificios de largo recorrido y pasarelas. Adicionalmente, se han construido puentes de vehículos en Colombia (Stamm,2002) y en China. (al, 2010)

En Etiopía, el uso estructural del bambú es parte tradicional en los métodos de construcción y se utiliza en forma de culmo completo y bambú partido con

otros materiales. Otros tradicionales Los usos estructurales del bambú de culmo completo incluyen andamios en India, China y Hong Kong. La ventaja de los productos de bambú diseñados es la capacidad de crear secciones estándar para miembros y conexiones, y para reducir la variabilidad dentro de un solo miembro. Bambú en su forma natural es un material ligero que es comparable en fuerza al acero en tensión y al hormigón en compresión.

(Ramage, 2016)



**figura 11** Planta de bambú, tipos y partes **Fuente:** (Ramage, 2016)

#### **1.8.6.1 CARACTERÍSTICAS DE LA GUADUA EN LA CONSTRUCCIÓN.**

El uso de bambú como material de construcción, ya sea primario, secundario u ocasional es común en las áreas donde el bambú adecuado crece en suficiente cantidad.

En la mayoría de los casos, sin embargo, el bambú es combinado con otros materiales de construcción tales como madera, arcilla, cal, cemento, hierro galvanizado y hojas de palma, de acuerdo con su relativa eficiencia, disponibilidad y costo.

El bambú tiene las siguientes características que hacen de él un material conveniente y económico para la construcción tanto de la vivienda como para los andamiajes que facilitan la construcción.

- Las unidades naturales, varas o cañas de bambú como se las llama, son de medidas y formas que las hacen manuales, almacenables y sistematizables, en forma conveniente y económica.
- Las canas tienen una estructura física característica que les proporciona alta resistencia con relación a su peso. Son redondas o casi redondas en su sección transversal, ordinariamente huecas y con tabiques transversales rígidos, estratégicamente colocados para evitar la ruptura al curvarse. Dentro de los concentrados en la superficie externa. En esta posición pueden actuar más eficientemente, proporcionándole resistencia mecánica y formando una firme y resistente caparazón.
- La sustancia y la textura de las canas hace fácil la división a mano en piezas cortas (aserrándolas o cortándolas) o en tiras angostas (hendiéndolas). No se necesitan maquinas costosas, sino solo herramientas simples.
- La superficie natural de muchos bambúes es limpia, dura y lisa, con color atractivo, cuando las canas han sido convenientemente almacenadas y maduras.
- Los bambúes tienen poco desperdicio y ninguna corteza que eliminar.

(Tim, 2004)

### 1.8.6.2 GUADUA EN LA CONSTRUCCION DE COLOMBIA

El uso de la guadua tiene larga historia. Por ejemplo en Colombia, la guadua desde siempre hizo parte de los materiales de construcción de fácil acceso y bajo costo. Técnicas tradicionales son por ejemplo puentes o casa con uniones simples. Hoy en día, las construcciones de guadua más conocida son los puentes del carpintero alemán Jörg Stamm y los pabellones del arquitecto colombiano Simón Vélez.

Durante los últimos 35 años las técnicas de manejo de bambú se han perfeccionado de manera que ha permitido su utilización en sistemas estructurales, cerramientos, muebles e incluso lencería, despertando la curiosidad de muchos guadueros tanto a nivel nacional como mundial. "No es un material para pobres o ricos, es para seres humanos" es la frase de uno de los arquitectos pioneros en construcciones con guadua en Colombia Simón Vélez y es por ello que se debe aprovechar este material renovable, resistente, duradero, ecológico y sostenible.

(Rivera, 2018)



**Figura 12** Centro nacional de desarrollo infantil en guadua **Fuente:** (Rivera, Construcciones en guadua, 2018)

## **CAPITULO II.**

# **METODOLOGÍA**

La metodología llevada a cabo en el presente trabajo de investigación, basándonos en estudios ya realizados sobre el tema y la normatividad colombiana que reglamenta la utilización de la guadua como material en la construcción, realizamos la siguiente metodología para de esta forma cumplir con los objetivos a cabalidad y por ende con los resultados obtenidos realizar un análisis para poder concluir si la guadua es apta para utilización en las estructuras.

### **2.1 INVESTIGACIÓN DE PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA GUADUA**

En el estudio del bambú intervienen un gran número de variables, tales como la edad del material, especie, ubicación geográfica, curado del material, parte del tallo ensayado, humedad relativa al momento del ensaye; contenido de humedad del material al momento de la prueba y que a la fecha no han podido ser integradas en una sola investigación, porque no siempre son control del investigador.

#### **2.1.1 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

Determinación, mediante el pesaje, de la pérdida de masa de la probeta de ensayo durante el secado hasta una masa constante. Cálculo de la pérdida de masa como un porcentaje de la masa de la probeta de ensayo después del secado

#### **EQUIPO**

- Balanza, con una exactitud de 0,01 g.
- Equipo con capacidad para secar la guadua hasta obtener una condición absolutamente seca, por ejemplo, un horno eléctrico
- Equipo para garantizar la retención de humedad en la probeta, por ejemplo, frascos con cuellos de vidrio esmerilado y tapones que garanticen un sello hermético

## PROCEDIMIENTO

La humedad es un factor clave a la hora de escoger un buen material, el porcentaje de contenido de humedad es la relación del peso del agua sobre el peso del sólido.

Se realiza un ensayo utilizando el método de la diferencia de peso. Se toma una muestra de 50 haces de fibra, éstas se pesarán individualmente en una balanza electrónica Mono Bloc MetterToledo, con una capacidad de medida de 0,0001gr, luego se introducirán en un horno Methlert con circulación interna de aire durante 24 horas a una temperatura de 70°C y luego se pesarán.

Para calcular el porcentaje de humedad se usa:

$$\%C.H = \frac{P_h - P_0}{P_h} * 100$$

$$\mathcal{S} = \frac{m}{v_d}$$

Dónde: % C.Hes el porcentaje de contenido de humedad, Ph es el peso en humedad ambiente y P0es el peso en humedad cero, con una humedad relativa del 60%.

(INCOTEC 5525, 2007)

### 2.1.2 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE

Esta sección especifica un método para determinar la densidad (masa / volumen) de la guadua para los ensayos físicos y mecánicos. Para la comparación exacta entre los valores reportados, la formula masa / volumen es la más apropiada en donde se utiliza la masa anhidra y el volumen húmedo (verde) los cuales no varían con respecto a las condiciones climáticas. El símbolo es  $\rho$  si la densidad se va a registrar con el contenido de humedad de la probeta, la masa se toma como la masa anhidra y sólo se toma el volumen con el contenido de humedad de la probeta. El símbolo es  $\rho_0$ .

#### EQUIPO:

- Probeta



- Equipo con capacidad de medir las dimensiones de la probeta con exactitud de 0,1 g
- balanza con una exactitud de 0,1 g
- equipo para medir el contenido de humedad

#### **PROCEDIMIENTO:**

Mida las dimensiones de las probetas con exactitud de 0,1 mm y calcule el volumen o determínelo con un método adecuado (por ejemplo, mediante inmersión), con una exactitud de 10 mm. Realice este procedimiento en condición húmeda (verde) o con el contenido de humedad durante ensayo mecánico, según se requiera. En el último caso, determine el contenido de humedad según el numeral 6. Seque las probetas hasta obtener una masa constante (véase el numeral 6.5), pero hágalo gradualmente para minimizar la deformación y el fisurado. Realice las operaciones de pesaje inmediatamente después del secado.

Determine la masa de las probetas con una exactitud de 0,01 g.

La densidad (masa, seca en horno, por unidad de volumen) de cada probeta se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\rho = (m/V) \times 10^6$$

en donde  $\rho$  es densidad, en kg / m<sup>3</sup>, m es la masa de la probeta seca en horno, en g. V es el volumen húmedo (verde) de la probeta, en mm<sup>3</sup>.

La densidad  $\rho_0$  de cada probeta en la misma condición que durante el ensayo, está determinada por la misma fórmula, con m anhidra y V en la condición durante el ensayo. Calcule, con una exactitud de 10 kg/m<sup>3</sup>, la media aritmética de los resultados obtenidos para las probetas individuales y registre este valor como el promedio de la densidad de las probetas ensayadas.

(INCOTEC 5525, 2007)

### **2.1.3 DETERMINACIÓN DE LA CONTRACCIÓN**

Determinación de contracción de culmos completos se utiliza lo siguiente:

#### **EQUIPOS:**

- Micrómetro



- Equipo con capacidad para secar la guadua (horno eléctrico)
- Probeta

### **PROCEDIMIENTO:**

La contracción se debe medir en el diámetro externo D, en el espesor de la pared t y en la longitud L de la probeta.

Se deben hacer marcas adecuadas en la probeta para facilitar que todas las observaciones se realicen cada vez del mismo lugar. En cada probeta, se deben medir 4 diámetros, 4 espesores de pared (dos en cada extremo) y 2 longitudes. Se debe permitir que la probeta se seque lentamente en condiciones de humedad gradualmente decreciente y temperatura creciente. Las masas y las dimensiones se deben registrar con regularidad hasta que las dimensiones sean constantes o se termine un ciclo completo de secado.

Por último, las probetas se deben poner en un horno con temperatura aproximada de  $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , de tal forma que se sequen completamente, después de lo cual, se deben tomar las dimensiones por última vez.

La contracción desde la condición inicial húmeda hasta la condición final seca, expresada como porcentaje ajustado a una cifra decimal, se debe calcular con la siguiente fórmula:

$$((I - F) / I) \times 100$$

en donde

I: lectura inicial

F: lectura final

Cada lectura es el valor promedio del diámetro, el espesor de la pared o la longitud

(INCOTEC 5525, 2007)

### **2.1.4 DETERMINACIÓN DE LA COMPRESIÓN**

Método para los ensayos de compresión axial en probetas de culmos de *Guadua angustifolia*.

Determinación de:

- el esfuerzo último de compresión de las probetas provenientes de los culmos de *Guadua angustifolia*;
- el módulo nominal de elasticidad

### **EQUIPOS:**

- máquina de compresión
- probeta

### **PROCEDIMIENTO:**

La probeta se debe colocar de tal forma que el centro del cabezal móvil esté verticalmente sobre el centro de la sección transversal de la probeta y se aplica inicialmente una carga pequeña, no mayor a 1 kN, para acomodar la probeta.

La carga se debe aplicar continuamente durante el ensayo para hacer que el cabezal móvil de la máquina de ensayo se desplace a una velocidad constante de 0,01 mm/s.

Cuando sea necesario se deben realizar lecturas de deformación la cantidad necesaria de veces para poder hacer un diagrama lo más exacto posible de la deformación frente a la carga, a partir de la cual se determina el valor de E.

Se debe registrar la lectura final de la carga máxima a la cual falla la probeta. El esfuerzo último de compresión se debe determinar con la siguiente fórmula:

$$\sigma_{ult} = F_{ult} / A$$

En donde:

$\sigma_{ult}$  = es el esfuerzo último de compresión, en MPa (o N / mm<sup>2</sup>), redondeado con aproximación de 0,5 MPa.

$F_{ult}$  = es la carga máxima a la cual falla la probeta, en N.

A = es el área de la sección transversal (2.3), en mm<sup>2</sup>.

El módulo de elasticidad E se debe calcular a partir del valor medio de las lecturas de los deformímetros como una relación lineal entre el esfuerzo y la deformación, en un rango entre el 10 % y el 60 % de  $F_{ult}$ .

(INCOTEC 5525, 2007)

### **2.1.5 DETERMINACIÓN DE LA FLEXIÓN**

- Método para los ensayos de flexión en los culmos de guadua
- La capacidad de flexión de los culmos usando un ensayo de flexión
- El módulo de elasticidad nominal del culmo

#### **EQUIPO:**

- Máquina de ensayo, con capacidad para medir la carga con exactitud de 1 % de la escala utilizada y la deflexión con exactitud de mm.
- Montaje para flexionar el culmo

#### **PROCEDIMIENTO:**

Los culmos de ensayo no deben tener defectos visibles. Para lograr una falla en flexión, el espacio libre debe ser al menos 30 x D.

La longitud total del culmo debe ser la longitud entre apoyos más una longitud adicional que garantice al menos un entrenudo después del apoyo en cada extremo.

Determine el valor medio del diámetro externo D y del espesor de la pared t, según lo indicado en el numeral 4.2.1. Calcule el momento de inercia:

$$I_B = \pi / 64 \times [D^4 - (D - 2t)^4]$$

Coloque el culmo en su lugar en la máquina de ensayo, apoyado sobre los dos soportes

en los dos apoyos, permitiendo que la probeta encuentre su propia posición. Enseguida se ubican las dos monturas y la viga (que divide la carga) en la parte superior del culmo y se permite nuevamente que el culmo encuentre su posición, se alinea visualmente el culmo, los soportes, la montura, la carga y los apoyos en un plano vertical.

La aplicación de la carga al culmo se debe hacer uniformemente a velocidad constante. La velocidad de ensayo (preferiblemente con movimiento constante del cabezal de carga de la máquina o con incremento constante de

carga) debe ser de 0,5 mm/s. La carga máxima se debe determinar con la exactitud. Observe las grietas y describa la forma de la falla.

Después del ensayo determine nuevamente el diámetro externo D y el espesor de la pared t, lo más cerca posible de los puntos de carga. El promedio de los valores de diámetro y de los espesores de pared se debe usar para calcular el momento de inercia IB.

La resistencia última,  $\sigma_{ult}$ , en MPa (o N/mm<sup>2</sup>), en la flexión estática con el contenido de humedad en el momento del ensayo está determinado por la siguiente fórmula:

$$\sigma_{ult} = F \times L \times \frac{D/2}{6} \times I_B$$

en donde

F: es la carga máxima aplicada, en N (la carga total aplicada en los dos puntos de carga).

L: es la luz, en mm (o espacio de separación)

D: es el diámetro externo, en mm,

IB: es momento de inercia, en mm<sup>4</sup>

El módulo de elasticidad (módulo de Young) está determinado por la pendiente de la parte lineal del diagrama de deformación frente a la carga.

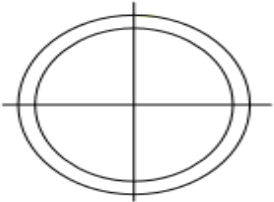
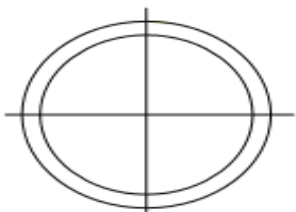
El módulo de elasticidad E, en MPa, se calcula usando la siguiente fórmula:

$$E = 23 \times F \times L^3 / 1296 \times \delta \times I_B$$

en donde F, L y IB: son igual que en la fórmula del numeral anterior

δ: es la deflexión en el punto medio de la luz en mm

(INCOTEC 5525, 2007)

CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH			
Fecha:		MUESTRA:	
Origen:			
Ensayo a realizar:			
Esquema del corte: Dimensiones en mm			
Probeta:	Con nudo	Sin nudo	
Alturas(mm):			
 <p>Dirección de crecimiento de la guadua</p>		<b>Espesor</b> E21= E22= E23= E24=	
		<b>Diametros</b> D21= D22=	
		<b>Espesor</b> E11= E12= E13= E14=	
		<b>Diametros</b> D11= D12=	
Esquema o foto			
Elaboro:	Henry Torres Vasques Fernando Castiblanco Rodriguez		

**Figura 13** Formato de caracterización de la guadua angustifolia kunth  
Fuente: Propia

## **2.2 INVESTIGACIÓN METODOS DE PRESERVACION DE GUADUA**

Para realizar la investigación y análisis de los diferentes métodos de preservación de la guadua a la intemperie y agentes contaminantes buscaremos libros, tesis de grado, investigaciones ya realizadas, textos científicos y en base a esta información la clasificaremos teniendo de esta forma un análisis de los diferentes métodos existentes que se hayan utilizado a lo largo de la historia para conservación de este material en la construcción evaluando las ventajas y desventajas de cada método.

### **2.2.1 METODO DE PRESERVACION POR INMERSION**

El mejor método encontrado fue el de inmersión, es un método de fácil desarrollo y su implementación es práctica, siendo uno de los más tradicionales debido a su efectividad mostrada, además de su economía comparado con otros métodos y no presenta problemas para su mantenimiento.

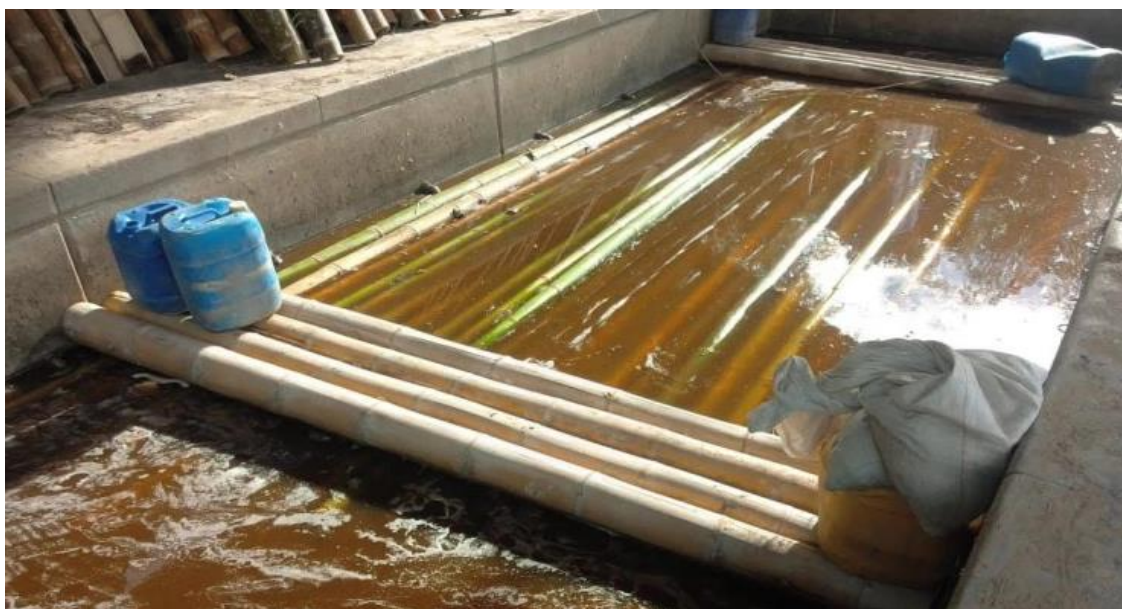
Para la realización de este método se debe romper el anillo interno de la guadua con varilla de 1/2, luego sumergirla durante tres a máximo cinco días en agua con preservante/inmunizante. Hay varios tipos de inmunizante que a continuación se describen.

- Sales de bórax y ácido bórico 3.5 kilos de cada uno \* 100 litros de agua.
- Inmunestan Carpintero 1 litro \* 200 litros de agua
- El producto C5B 1 litro \* 50 litros de agua

Para nuestra investigación seleccionaremos cualquiera de los tres preservantes dependiendo de su costo y beneficios.

Al final de los tres días escurra la guadua en diagonal a orilla del tanque durante 24 a 48 horas y luego déjela secar al sol durante 20 días. Por último, terminarla de secar bajo techo o en sombra (hasta que tenga el uso debido o alguna venta) para que no se agriete o deteriore por los cambios de temperatura externo

(GUADUA Y BAMBU DE COLOMBIA, 2013)



**Figura 14** Preservación de la guadua método de inmersión **Fuente:** (GUADUA Y BAMBO COLOMBIA, 2015)

### **2.3 INVESTIGACION EXHAUSTIVA ASPECTOS GENERALES DE LA GUADUA, CULTIVO, PRODUCCION Y APLICACION EN COLOMBIA**

Para realizar la investigación de los aspectos generales de la guadua *angustifolia kunth*, su cultivo, producción y aplicación en Colombia se hará una búsqueda exhaustiva en libros, tesis de grado, investigaciones ya realizadas, textos científicos y en base a esta información identificaremos los aspectos más importantes para llevar a cabo una investigación satisfactoria.

Se realizara respectivo viaje al palacio del bambú y la guadua en Armenia Quindío, organizado por la Universidad Católica de Colombia donde se logrará tener la información suficiente en cuanto la investigación en general.

# **CAPITULO III.**

## **PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN**

Una vez ejecutada la metodología y procedimiento indicados en el capítulo II del trabajo en mención, para llevar a cabo la evaluación y comprobación de la guadua como un material alternativo en la construcción según propiedades físicas y mecánicas se procede a realizar los distintos ensayos de laboratorio

### **3.1 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA GUADUA**

Una característica propia del bambú es que tiene claramente definidas dos partes en la planta. Estas son la caña con nudo y la caña sin nudo. Es por este motivo que se deben establecer las propiedades físicas y mecánicas de ambas secciones de la planta, ya que en un posible diseño se debe tener claras todas las características del material que puedan influir en la capacidad final del elemento. Por este motivo las probetas usadas en los siguientes laboratorios son de 30 cm y de 2 tipos. El primer tipo de espécimen que se elaboró es de 30 cm con el nudo propio de la caña en el medio de la muestra. El otro tipo de probeta fabricada es también de 30 cm

En la realización de los siguientes laboratorios para el análisis de las propiedades físicas y mecánicas de la guadua angustifolia en la construcción, en su proceso de selección se nos facilitaron culmos con dimensiones similares existentes en bodega de guadua de la universidad católica de Colombia.

#### **3.1.1 ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD**

Siguiendo los lineamientos estipulados en la norma técnica colombiana NTC 5525, “MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA” tomando los pesos previos iniciales, dejándolos en el horno durante 24 horas y registrando nuevamente un peso en estado seco, para poder realizar el cálculo del contenido de humedad existente.





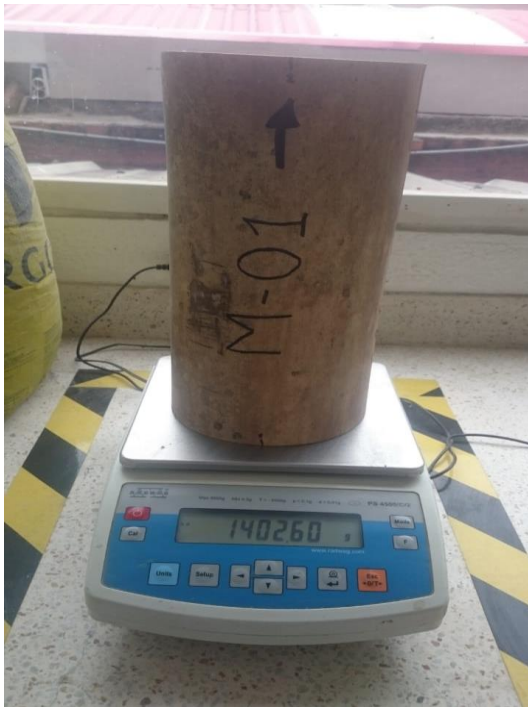
**Ilustración 1** Probetas de guadua en estado verde puestos en horno  
**Fuente: Propia**



**Ilustración 2** Probetas de guadua puestas en horno a una temperatura de 110 °C **Fuente: Propia**

Después de 24 h, se debe registrar la masa a intervalos regulares no inferiores a 2 h. Se debe tener mucho cuidado para evitar todo cambio en el contenido de humedad durante el periodo entre el retiro del horno y las determinaciones posteriores de la masa.

Las masas de las diferentes probetas se encuentran registradas en las siguientes ilustraciones y en anexos de Microsoft Excel – Ensayo contracción.



**Ilustración 4** Probeta N°1 masa antes de secado **Fuente: propia**



**Ilustración 3** Probeta N°1 masa después de secado **Fuente: propia**

Como se muestra en las ilustraciones 3 (masa antes de secado) y 4 (masa después de secado), hay una reducción en la masa de 119,67 gr aproximadamente que corresponde al contenido de humedad existente en la caña de guadua angustifolia, un resultado similar se evidencia en las ilustraciones.

En las ilustraciones anteriores se evidencia una reducción en gramos de todos los culmos de guadua equivalente al contenido de humedad existente, debido a la temperatura a la que fue condicionada en horno a 110 °C durante 24 horas.

La humedad natural de la caña guadúa es una variable característica de los troncos de esta, en función de la edad y el alto alcanzado en dicho periodo de vida, puede verse influenciada por la época ambiental de acuerdo con el mes o temporada climática, mostrando mayor humedad durante el periodo invernal y menor durante los periodos de sequía.

#### **3.1.1.1 Cálculos y expresión de resultados**

Con la siguiente ecuación se hallaron los valores del contenido de humedad para las 18 muestras de guadua.

$$CH = \frac{m - m_0}{m_0} * 100$$

m = masa probeta antes de secado

m<sub>0</sub> = masa probeta despues de secado

#### **3.1.1.2 Análisis de resultados**

En las evaluaciones de contenido de humedad se suelen comparar los resultados con el valor que corresponde al nivel en el cual la guadua y la madera en general- ha perdido teóricamente toda el agua libre y, por lo tanto, las paredes celulares se encuentran saturadas de agua higroscópica. Un material no está seco si el contenido de humedad es superior al 30% del agua libre; es decir, superior al punto de saturación de las fibras. En las siguientes muestras evaluadas de guadua rolliza, el contenido de humedad promedio no sobrepasa el 17%,

La madera es un material hidroskopio que es la capacidad de absorber humedad del medio circunstante a medida que la guadua pierde humedad se contrae y aumentan sus propiedades físicas y mecánicas que por esta razón es indispensable saber el contenido de humedad para la utilización en la construcción.

En los resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad se evidencia que el porcentaje se encuentra entre el 9% y el 12% el cual está en el rango permitido por las normas colombianas.

<b>Muestra</b>	<b>m (gr)</b>	<b>m<sub>o</sub> (gr)</b>	<b>CH</b>
M-01	1402.6	1282.93	9%
M-02	1432.66	1305.54	10%
M-03	946.45	857.77	10%
M-04	1480.1	1320.38	12%
M-05	1508.6	1355.79	11%
M-06	1602.87	1436.99	12%
M-07	585.06	525.58	11%
M-08	569.7	509.66	12%
M-09	752.21	674.37	12%
M-10	745.28	666.96	12%
M-11	674.63	603.62	12%
M-12	696.26	627.24	11%
M-13	202.98	180.02	13%
M-14	180.13	161.39	12%
M-15	290.39	258.96	12%
M-16	172.79	154.3	12%
M-17	228.63	203.58	12%
M-18	276.64	246.14	12%

**Tabla 5** Resultados contenido de humedad de las muestras **Fuente: Propia**

El porcentaje de contenido de humedad es de suma importancia ya que este afecta los parámetros de resistencia y durabilidad de la guadua; entre mayor sea su contenido de humedad, menor será su resistencia ante cargas solicitadas, y menor será su esfuerzo admisible de acuerdo con la NSR-10.

De acuerdo con la norma NSR-10 un porcentaje  $12\leq$  se considera guadua seca la cual es apta para la utilización como material alternativo en la construcción cumpliendo toda la normatividad según el contenido de humedad realizado en el laboratorio de la universidad y de acuerdo con lo establecido en NTC-5525 para la realización de estos ensayos.

### 3.1.2 ENSAYO DENSIDAD RELATIVA

Se conoce como densidad a la relación por cociente entre la masa y el volumen de un espécimen de caña guadua. La densidad de este material fluctúa en función de la humedad de este. Para el cálculo de la densidad de las probetas se toman con ayuda de un calibrador electrónico de precisión medidas del diámetro exterior, espesor de pared y altura de la muestra respectivamente, como se puede observar en la siguiente ilustración. Luego de tener el registro de las medidas en su estado verde, ingresamos las muestras en un horno a 110 °C como se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 6** Registro de Medidas para la determinación de la densidad **Fuente: propia**



**Ilustración 5** Culmos de guadua en estado verde puestos en horno **Fuente: propia**

#### 4.1.2.1 Cálculos y expresiones de resultados

La densidad o peso específico está dado por la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

**Donde:**

$\rho$ = Densidad o Peso específico del material

$m$ = Masa de la muestra

$V$ = Volumen de la muestra

La masa es registrada con la ayuda de una balanza automática antes de la realización de los ensayos, mientras que el volumen se encuentra guiado en la siguiente ecuación:

$$V = \pi \frac{D^2 - d^2}{4} h$$

**Donde:**

$V$ = Volumen de un cilindro hueco

$h$ = Altura de la muestra

$D$ = Diámetro externo de la muestra

$d$ = diámetro interno de la muestra

A continuación, se presentan los resultados de los cálculos para peso específico obtenidos para las tres primeras muestras de guadua de 15 cm de diámetro y con nudo en su intermedio.

CULMOS SIN NUDO - 15 CM									
MUESTRA - 01	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (M3)	PESO ESPECIFICO (KG/M3)	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	146,55	144,97	145,88	142,96	145,09	980143,16	0,00098014	1308,921	
DIAMETRO INTERNO (mm)	129,6525	129,2425	129,095	132,035	130,01				
ALTURA(mm)	300,00	302,00	300,00	301,00	300,75				
PESO (GR)	1282,93				1,28				
MUESTRA - 02	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (M3)	PESO ESPECIFICO (KG/M3)	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	146,04	145,63	143,96	146,90	145,63	1011477,23	0,00101148	1290,726	
DIAMETRO INTERNO (mm)	129,6525	129,2425	129,095	132,035	130,01				
ALTURA(mm)	299,00	299,00	299,00	299,00	299,00				
PESO (GR)	1305,54				1,31				
MUESTRA - 03	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (M3)	PESO ESPECIFICO (KG/M3)	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	145,59	141,87	143,1	144,76	143,83	1034696,04	0,0010347	829,007	
DIAMETRO INTERNO (mm)	130,645	126,925	126,0625	127,7225	127,84				
ALTURA(mm)	302,00	304,00	304,00	303,00	303,25				
PESO (GR)	857,77				0,86				

**Tabla 6** Resultado densidad culmos sin nudo de 15 cm Muestras 1-2-3 **Fuente: propia**

Como se evidencia en la tabla anterior, de esta manera se realizaron los cálculos respectivos para las 18 muestras de guadua en total. Para evidenciar la totalidad de las tablas de las diferentes muestras, éstas se encuentran en anexos ensayo – densidad relativa ( )

De igual forma en la siguiente tabla se realizó un análisis para todas las muestras con sus debidos resultados promedio.



#### 4.1.2.2 Análisis de resultados

A continuación, se realizó una tabla con todos los valores obtenidos para a todas las muestras.

Muestra	m (gr)	mo (gr)	mo (kg)	VOLUMEN (M3)	PESO ESPECIFICO (KG/M3)
M-01	1402,6	1282,93	1,28293	0,00098014	1308,921036
M-02	1432,66	1305,54	1,30554	0,00101148	1290,726043
M-03	946,45	857,77	0,85777	0,0010347	829,0067461
M-04	1480,1	1320,38	1,32038	0,00125769	1049,848829
M-05	1508,6	1355,79	1,35579	0,00076383	1774,996749
M-06	1602,87	1436,99	1,43699	0,00128768	1115,956784
M-07	585,06	525,58	0,52558	0,00045613	1152,251879
M-08	569,7	509,66	0,50966	0,00044912	1134,788947
M-09	752,21	674,37	0,67437	0,0006535	1031,928561
M-10	745,28	666,96	0,66696	0,00043695	1526,409596
M-11	674,63	603,62	0,60362	0,00048016	1257,122059
M-12	696,26	627,24	0,62724	0,0004428	1416,524838
M-13	202,98	180,02	0,18002	0,00015837	1136,727179
M-14	180,13	161,39	0,16139	0,00016188	996,9829145
M-15	290,39	258,96	0,25896	0,00025822	1002,861421
M-16	172,79	154,3	0,1543	0,0001293	1193,38775
M-17	228,63	203,58	0,20358	0,00015768	1291,130283
M-18	276,64	146,14	0,14614	0,0001595	916,2669309

**Tabla 7** Resultados densidades para todas las muestras de guadua **Fuente: propia**

Para obtener los valores de densidad aparente de los diferentes culmos de guadua, se realizaron pruebas a 18 culmos de diferentes espesores, diámetros tanto externos e internos, con nudo y sin nudo.

Como se puede apreciar en las tablas anteriores se realizaron pruebas a 3 culmos de cada diámetro a usar (15 cm, 10 cm, 5 cm) clasificados con nudo o sin nudo y con una longitud promedio aproximada de 30 cm. Estos datos se encuentran con una mayor exactitud en formatos de caracterización de la guadua (Anexos) con los cuales se determinó el volumen teniendo en cuenta el promedio de las medidas de ancho, espesor y alto.



#### 4.1.3 ENSAYO DE CONTRACCIÓN

Siguiendo los lineamientos estipulados en la norma técnica colombiana NTC 5525, “MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA” se tomaron las dimensiones previas iniciales, luego se pusieron en horno durante 24 horas y registrando nuevamente sus dimensiones en estado seco, para poder realizar el cálculo del porcentaje de cambio de sus dimensiones, así como su contenido de humedad

Para el cálculo de la contracción de las muestras de caña guadúa, se toman con ayuda de un calibrador electrónico de precisión, las medidas del diámetro exterior, espesor de pared y las alturas para las 18 probetas de guadua como se puede observar en las siguientes imágenes



**Ilustración 7** Toma de medidas de los culmos de guadua con ayuda de calibrador automático **Fuente: propia**



**Ilustración 8** Culmos de guadua puestos en horno a 110 °C **Fuente: propia**

#### 4.1.3.1 Cálculos y expresiones de resultados

La contracción desde la condición inicial húmeda hasta la condición final seca, expresada como porcentaje ajustado a una cifra decimal, se debe calcular con la siguiente fórmula:

$$\left(\frac{I - F}{I}\right) * 100$$

Donde I: lectura inicial, F: lectura final

(NSR10, 2010)

A continuación, se encuentran los resultados de los ensayos de contracción para las 3 primeras muestras de guadua angustifolia kunth. Para evidenciar la totalidad de las tablas para las diferentes muestras, éstas se encuentran en anexos ensayo - contracción

ENSAYO CONTRACCIÓN											
Muestra M-01	LECTURA INICIAL				PROMEDIO	LECTURA FINAL				PROMEDIO	C.T
Longitud (mm)	300	302	300	x	300,667	300	301	300	x	300,33	0,11%
	EXTREMO #1					EXTREMO # 1					
Espesor (mm)	13,3	14,35	14,8	14,62	14,268	13,04	14,2	14,7	14,32	14,07	1,42%
Diametro (mm)	145,88	142,96	X	X	144,420	143,77	141,54	X	X	142,66	1,22%
	EXTREMO # 2					EXTREMO # 2					
Espesor (mm)	16,16	15,03	17,1	16,76	16,2625	15,62	14,67	16,84	16,43	15,89	2,29%
Diametro (mm)	146,55	144,97	X	X	145,76	146,87	143,9	X	X	145,39	0,26%
Muestra M-02	LECTURA INICIAL				PROMEDIO	LECTURA FINAL				PROMEDIO	C.T
Longitud (mm)	299	299	299	x	299,000	298	298	298	x	298,00	0,33%
	EXTREMO #1					EXTREMO # 1					
Espesor (mm)	14,43	14,54	15,5	14,99	14,865	13,14	13,87	14,58	13,18	13,69	7,89%
Diametro (mm)	143,96	146,9	X	X	145,430	140,64	142,64	X	X	141,64	2,61%
	EXTREMO # 2					EXTREMO # 2					
Espesor (mm)	15,48	15,71	17,1	16,74	16,2575	15,13	15,58	17,15	16,51	16,09	1,01%
Diametro (mm)	146,04	145,63	X	X	145,835	143,28	142,24	X	X	142,76	2,11%
Muestra M-03	LECTURA INICIAL				PROMEDIO	LECTURA FINAL				PROMEDIO	C.T
Longitud (mm)	302	304	304	x	303,333	301	302	302	x	301,67	0,55%
	EXTREMO #1					EXTREMO # 1					
Espesor (mm)	17,59	16,82	16,87	16,87	17,038	17,28	16,53	16,54	16,4	16,69	2,05%
Diametro (mm)	143,1	144,76	X	X	143,930	139,91	141,09	X	X	140,50	2,38%
	EXTREMO # 2					EXTREMO # 2					
Espesor (mm)	15,92	13,92	15,59	14,35	14,945	15,25	13,42	15,39	14,13	14,55	2,66%
Diametro (mm)	145,59	141,87	X	X	143,73	141,56	137,61	X	X	139,59	2,88%

**Tabla 8** Resultados contracción culmos sin nudo 15 cm **Fuente: propia**

Como se evidencia en la tabla anterior, de esta manera se realizaron los cálculos respectivos para obtención de los valores de contracción desde la condición inicial húmeda hasta la condición final seca, expresada como porcentaje para las 18 muestras de guadua en total.

#### 4.1.3.2 Análisis de resultados

El valor máximo de contracción fue de 7.89% representando un valor aceptable dentro de las diferentes normas colombianas concluyendo que, para las muestras ensayadas en laboratorio de contracción éstas cumplen como material alternativo para el uso de edificaciones en Colombia.

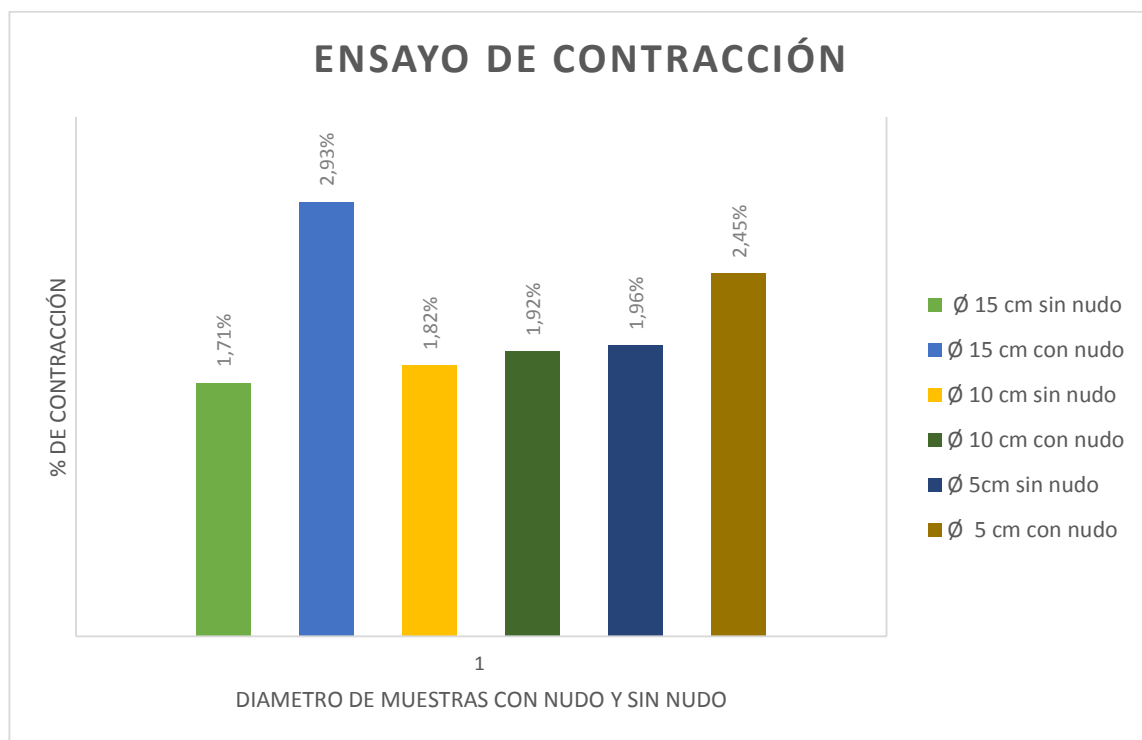
En los resultados obtenidos de contracción que se presentan anteriormente, después de secadas las muestras en el horno, éstas disminuyen sus dimensiones al perder el agua que se encuentra en su estructura. Esto se presenta por el contenido de humedad existente en las fibras del culmo de guadua.

En la siguiente tabla se presentan los resultados promedio de las 18 muestras ensayadas en porcentaje.

MUESTRA N°	PORCENTAJE CONTRACCIÓN	PROMEDIO
MUESTRA -01	0,90%	1,71%
MUESTRA -02	2,38%	
MUESTRA -03	1,85%	
MUESTRA -04	2,85%	2,93%
MUESTRA-05	2,37%	
MUESTRA-06	3,57%	
MUESTRA-07	1,90%	1,82%
MUESTRA-08	0,86%	
MUESTRA-09	2,71%	
MUESTRA-10	0,99%	1,92%
MUESTRA-11	2,47%	
MUESTRA-12	2,31%	
MUESTRA-13	2,68%	1,96%
MUESTRA-14	1,14%	
MUESTRA-15	2,06%	
MUESTRA-16	2,72%	2,45%
MUESTRA-17	2,23%	
MUESTRA-18	2,39%	

**Tabla 9** Resultados finales contracion promedio en porcentajes **Fuente: Propia**

Se logra observar que el espesor es una variable indispensable en los cambios de contracción. Se evidencia que, a mayor espesor, mayor va a ser su porcentaje de contracción como se puede observar en las diferentes muestras y el análisis en el laboratorio.



**Grafica 1** Porcentaje de contracción vs N° de muestras resultados generales  
**Fuente propia**

En el caso particular de las contracciones, los datos registrados en los cuadros en mención corresponden al análisis de los datos de laboratorio al pasar de una condición verde (contenido de humedad de campo) a una condición seca al horno (contenido de humedad mínimo). Dos aspectos característicos para determinar la contracción del material natural, está basado tanto a lo largo de la longitud del tronco, así como al espesor de las paredes. “esta contracción es importante considerando el uso. La contracción de troncos verdes o jóvenes es mayor que en los trocos maduros”

Marca su importancia debido a la varianza en resistencia en ambos casos, es así como para en troncos maduros se puede apreciar mayor resistencia a la tracción y a la flexión, asociando directamente a la disminución de humedad con el endurecimiento de los tallos.

#### 4.1.4 ENSAYO DE COMPRESIÓN

Al ensayar especímenes de bambú obtenemos una fuerza ultima de falla, un tipo de falla y con los datos de medición podremos realizar los cálculos respectivos.

Se evaluó el comportamiento de dieciocho especímenes de caña guadúa ante el esfuerzo a compresión mediante la norma técnica colombiana NTC 5525, “MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA”, adicionalmente se evaluaron las probetas para determinar el tipo de falla, fuerza ultima de falla y se calcularon esfuerzo de compresión y áreas.



**Ilustración 9** Maquina MTS universal para ensayos  
**Fuente: propia**

Para determinar la falla ultima de compresión de las diferentes muestras de guadua angustifolia kunth se utilizó la maquina MTS universal para ensayos mecánicos de la Universidad Católica de Colombia como se muestra en la ilustración anterior.

#### **4.1.4.1 Cálculos y expresión de resultados**

Para hallar la fuerza ultima de falla usaremos la siguiente ecuación:

$$\sigma = P/A$$

**Donde:**

$\sigma$ =Esfuerzo de compresión (MPa)

P= Fuerza de falla (N o KG)

A= Área de la sección (m<sup>2</sup>)

De la misma manera se expresa a continuación la ecuación que permite encontrar el valor del área de la sección

$$A = \pi/4 * (D^2 - d^2)$$

Ecuación 7: Área de un cilindro hueco – Fuente: Propiedades de las secciones, OVIE

**Donde:**

A= Área de la sección (m<sup>2</sup>)

D= diámetro externo de la sección (m)

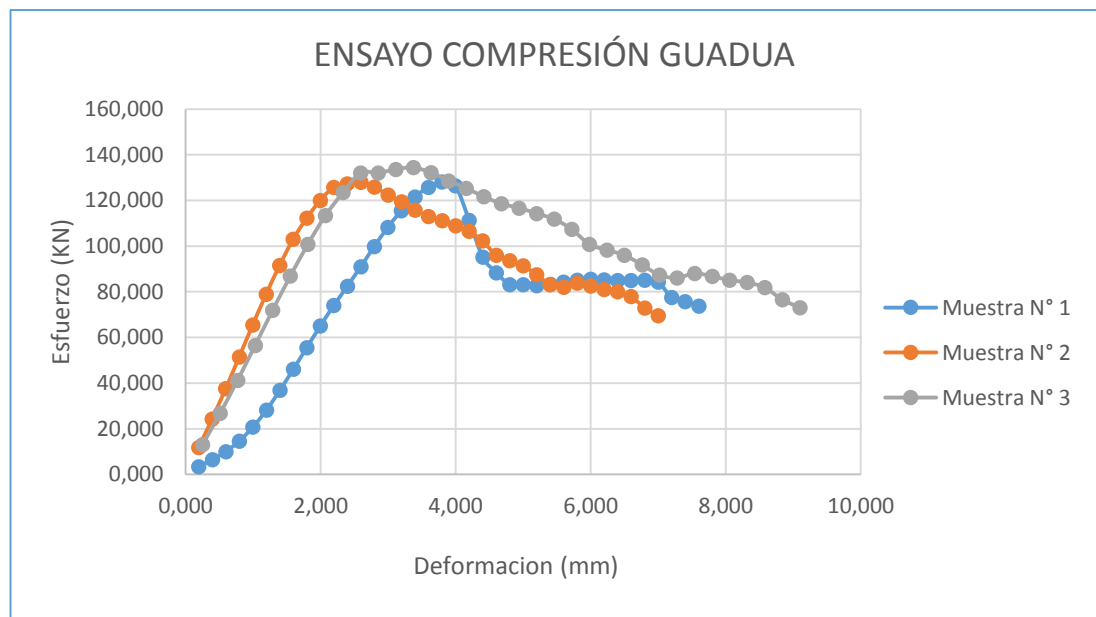
d= diámetro interno (m)

En la siguiente tabla se podrá observar los cálculos respectivos para obtención de fuerza ultima de falla expresada en diferentes valores como KN/m<sup>2</sup> y MPA para las 3 primeras muestras. Así como la gráfica de esfuerzo Vs deformación.

Para verificar el restante de las 15 tablas y gráficas, remitirse a anexos – ensayo compresión donde se evidencian los resultados de las 18 muestras en su totalidad.

CULMOS CON NUDO - 10 CM											
MUESTRA - 01	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	99,12	98,91	99,65	101,54	99,81	1433,53	0,0014	128,065	89335,34582	89,335	
DIAMETRO INTERNO (mm)	89,5075	89,2975	90,05	91,94	90,20						
ALTURA(mm)	306	304	304	304	304,50						
TIPO DE FALLA	Aplastamiento										
MUESTRA - 02	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	101,9	99,23	101,54	100,11	100,70	1543,71	0,0015	128,029	82935,49287	82,935	
DIAMETRO INTERNO (mm)	91,63	88,96	91,24	89,81	90,41						
ALTURA(mm)	306	305	306	306	305,75						
TIPO DE FALLA	Aplastamiento										
MUESTRA - 03	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	104,32	101,52	105,1	102,01	103,24	1473,55	0,0015	134,430	91228,57088	91,229	
DIAMETRO INTERNO (mm)	94,905	92,105	95,4625	92,3725	93,71						
ALTURA(mm)	306	304	305	305	305,00						
TIPO DE FALLA	Aplastamiento										

**Tabla 10** Resultados compresión culmos con nudo 10 cm **Fuente: propia**



**Grafica 2** Compresión-Esfuerzo (KN) vs Deformación (mm) Muestras 1, 2, 3 **Fuente: propia**



#### 4.1.4.2 Análisis de resultados.

Como se evidencia en las gráficas anteriores para todas las muestras de diámetros externos aproximados de 5cm, 10cm y 15 cm con nudo tienen una mayor resistencia de falla a compresión a diferencia de los culmos de las mismas dimensiones sin nudo.

La rotura de la caña guadua en cargas a compresión no es claramente explicado puesto que se produce en la gran mayoría de casos prácticos por aplastamiento de las fibras, pudiendo el material seguir aguantando cargas.

Estudios afirman que los resultados dados en esta resistencia hacen de la caña guadua un material apto para la construcción, mientras que los fallos por compresión paralela a la fibra indican que se puede llegar a tener consecuencias catastróficas al usarla como material estructural debido a la pérdida de verticalidad, sobre todo en el caso de pilares y columnas.

Existen varias propiedades que poseen influencia directa en la resistencia a compresión de la caña guadua que son:

- Humedad natural del material: para observar resultados favorables en resistencia a compresión es favorable que la humedad del material se encuentre entre el rango de 8% y 18%, observando así una mínima variación lineal como se observa en los resultados del primer laboratorio donde hallamos el contenido de humedad de cada probeta.
- Temperatura: la resistencia a la compresión disminuye linealmente al aumento de temperatura.
- Nudos: los ensayos fueron realizados bajo normativa, con especímenes con nudo y sin nudo.
- Peso específico: al tratarse de un material sumamente denso este presenta mayores cantidades de fisuras lo cual lleva a una falla por aplastamiento más visible.

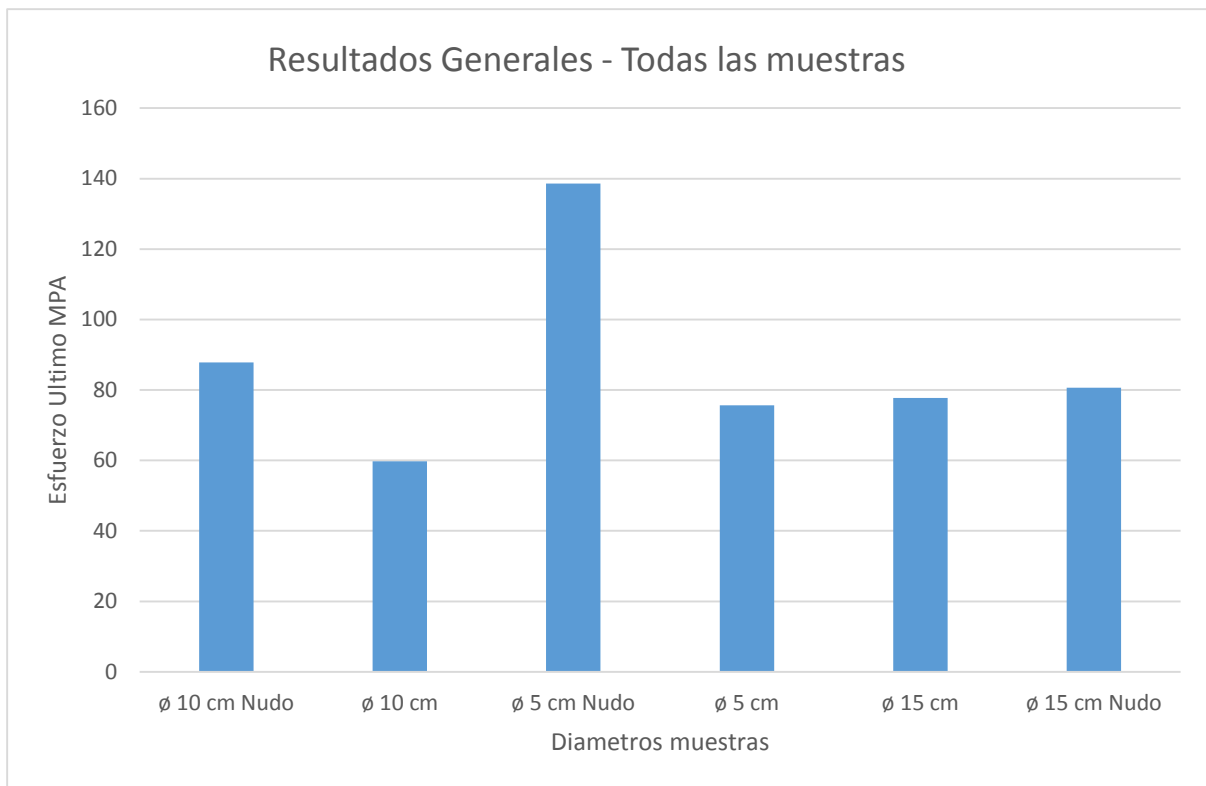
**Tabla 11** Resultados Compresión todas las muestras **Fuente: Propia**



N° Muestra	Resistencia MPA	Promedios	Características
1	89,33534582	87,83313653	Culmos con nudo diámetro 10 cm
2	82,93549287		
3	91,22857088		
4	64,42312684	59,75088993	Culmos sin nudo diámetro 10 cm
5	47,56077881		
6	67,26876414		
7	157,0833663	138,5750467	Culmos con nudo diámetro 5 cm
8	129,9583454		
9	128,6834285		
10	53,69274715	75,60093036	Culmos sin nudo diámetro 5 cm
11	88,88499351		
12	84,22505044		
13	77,55712683	77,75247825	Culmos sin nudo diámetro 15 cm
14	76,93798812		
15	78,76231979		
16	73,96899867	80,60810168	Culmos con nudo diámetro 15 cm
17	92,07478345		
18	75,78052294		

En la tabla anterior se observan los resultados para las 18 muestras de guadua sometidas a compresión y de esta forma se obtiene un valor promedio de los tres valores de resistencia a compresión en MPa para cada diámetro utilizado y según su característica natural con nudo o sin nudo para realizar un cálculo más acertado en la respectiva comparación de resistencia ultima de falla.

A continuación, se realiza una grafica con todos los valores promedio obtenidos para hacer la respectiva comparación entre mayor resistencia de diferentes diámetros con y sin nudo.



**Grafica 3** Comparación resultados generales culmos **Fuente: Propia**

El primer tipo de espécimen que se ensayó a compresión por aplastamiento es de 30 cm con el nudo propio de la caña en el medio de la muestra. El otro tipo de probeta ensayada es también de 30 cm, con la salvedad de que la muestra se tomó entre los nudos de la lata o tablilla extraída de la caña de bambú en su proceso de corte, con lo cual estas probetas no cuentan con dicha discontinuidad.

En el proceso constructivo se deben tener en cuenta aquellos culmos con mayor esfuerzo último, es decir en este caso los culmos de guadua con nudo propio en medio de la muestra tienen una mayor resistencia última de falla a compresión en comparación con las muestras sin nudo, con un valor por debajo en los diferentes diámetros utilizados.

#### 4.1.5 ENSAYO DE FLEXION

Basados en la norma técnica colombiana NTC 5525, “MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH”, los especímenes tomados para evaluar la resistencia a la flexión son cañas de 30 cm de longitud aproximada. Este ensayo permite conocer las resistencias resultantes para elementos sometidos a cargas muertas y cargas vivas bajas, en los que los valores de deflexión sean poco importantes, así como vigas secundarias.



**Ilustración 10** Maquina Multiusos Universidad Católica de Colombia **Fuente: propia**

Para determinar la falla ultima de Flexión de las muestras de guadua se utilizó la maquina multiusos para ensayos mecánicos de la Universidad Católica de Colombia como se muestra en la anterior ilustración.

#### 4.1.5.1 Cálculos y expresión de resultados

Para realizar el respectivo cálculo de Momento último se utiliza la siguiente ecuación:

$$M_{Ulti} = 0.5 * F_{ULt} * 1200mm$$

**Donde**

$M_{Ulti}$  = Momento ultimo de flexión (N/mm)

$F_{ULt}$  = Fuerza ultima de flexión (N)

Para calcular el momento de inercia

$$I = \left(\frac{\pi}{64}\right) * (D^4 - (D - 2t)^4)$$

**Donde**

D= diámetro externo

t= espesor

Esfuerzo ultimo de flexión

$$G_{ULt} = \frac{M_{Ulti} * (\frac{D}{2})}{I}$$

**Donde**

$M_{Ulti}$  = Momento ultimo de flexión (N/mm)

D= diámetro externo

Módulo de elasticidad para ensayos de flexión

$$E = \frac{0.25 * F * L^3}{28.17 * \delta * I}$$

**Donde**

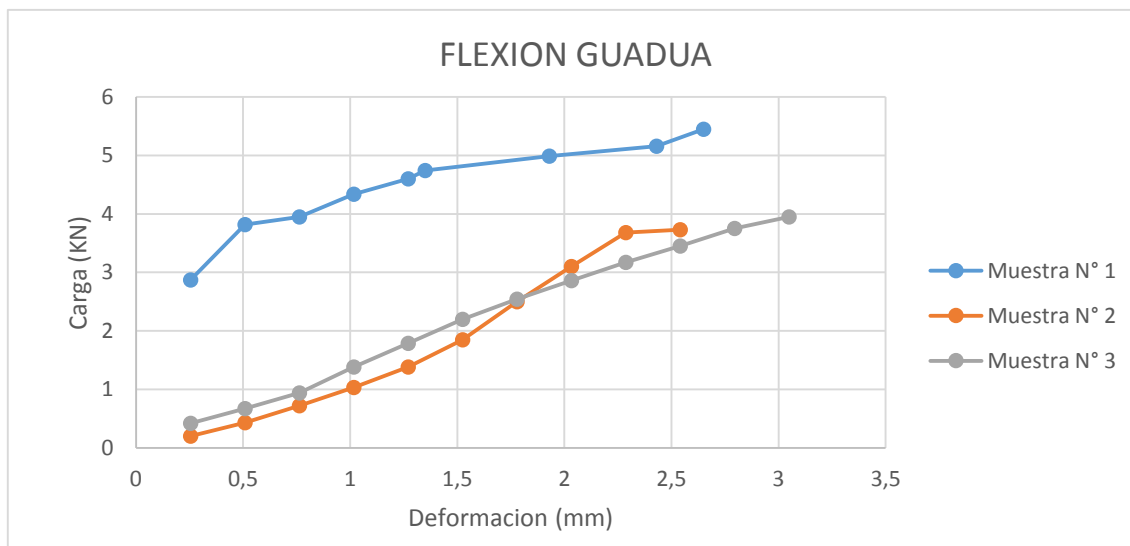
E= Modulo de elasticidad del material (N/mm<sup>2</sup>)

F= Fuerza ultima aplicada (N)

δ= Deformación (mm)

I= Momento de inercia (mm<sup>4</sup>)

A continuación, se muestran los resultados de laboratorio de flexión para las primeras tres muestras de guadua con la ayuda de Microsoft Excel, así como las gráficas de esfuerzo en KN vs deformación en mm para el respectivo análisis. Las tablas y graficas de las 15 muestras faltantes se encuentran en la sección de anexos (flexión: tablas, gráficos) para una completa visualización de los resultados completos.



**Gráfica 4** Flexión Carga (KN) VS Deformación (mm) Muestras 1, 2, 3 **Fuente: propia**

<b>Culmo</b>	#1
<b>Diámetro</b>	15 cm
<b>Probeta:</b>	Sin nudo

<b>Culmo</b>	#2
<b>Diámetro</b>	15 cm
<b>Probeta:</b>	Sin nudo

<b>Culmo</b>	#3
<b>Diámetro</b>	15 cm
<b>Probeta:</b>	Sin nudo

Carga (KN)	Deformación (mm)
2,87	0,254
3,82	0,508
3,95	0,762
4,34	1,016
4,6	1,27
4,74	1,35
4,99	1,93
5,16	2,43
5,45	2,65

Carga (KN)	Deformación (mm)
0,2	0,254
0,43	0,508
0,72	0,762
1,03	1,016
1,38	1,27
1,85	1,524
2,5	1,778
3,1	2,032
3,68	2,286
3,73	2,54

Carga (KN)	Deformación (mm)
0,42	0,254
0,67	0,508
0,94	0,762
1,38	1,016
1,79	1,27
2,2	1,524
2,54	1,778
2,86	2,032
3,17	2,286
3,45	2,54
3,75	2,794
3,95	3,048

**Tabla 12** Resultados Flexión culmos sin nudo 15 cm muestras 1,2,3  
**Fuente: propia**

#### 4.1.5.2 Análisis de resultados

Se evaluó el comportamiento de dieciocho especímenes de caña guadúa ante el esfuerzo a flexión mediante la norma NTC 5525, “DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH”, adicionalmente se evaluaron las mismas probetas para determinar deformaciones, calcular módulos de elasticidad y el coeficiente de Poisson característicos del material como se muestra en los resultados en la siguiente tabla:

	FUERZA ULTIMA (N)	Momento ultimo a flexión (N/mm)	$\delta$ (mm)	Inercia (N/mm <sup>4</sup> )	$\sigma_{ult}$ (MPa)	E(N/mm <sup>2</sup> )	luz libre (mm)
MUESTRA -1	5450	3.270.000	2,65	12494901	18,985516	15057,64932	2176,4
MUESTRA-2	3730	2.238.000	2,54	13154614	12,388259	10327,58711	2184,5
MUESTRA-3	3950	2.370.000	3,048	13909547	12,25335	8303,181579	2157,5
MUESTRA-4	10720	6.432.000	2,56	16813877	28,49836	24673,39902	2234,9
MUESTRA-5	18350	11.010.000	5,461	15731450	53,095781	22347,8855	2276,0
MUESTRA -6	12020	7.212.000	3,048	19276200	28,733962	22205,91429	2304,0
MUESTRA-7	2500	1.500.000	1,016	3266068,5	23,367544	23778,21442	1526,4
MUESTRA-8	2750	1.650.000	2,286	2934791,5	27,958523	12078,66018	1491,9
MUESTRA-9	4490	2.694.000	2,67	2828016,8	52,260241	23525,42227	1645,8
MUESTRA-10	6130	3.678.000	2,85	2890606,7	63,308124	12708,95922	1243,9
MUESTRA-11	9410	5.646.000	2,54	3080415,4	92,319354	21310,97514	1259,2
MUESTRA-12	8780	5.268.000	3,048	3210151,7	84,907612	17234,80811	1293,5
MUESTRA-13	3150	1.890.000	3,556	232457,64	205,73248	12027,81932	708,5
MUESTRA-14	2150	1.290.000	2,159	293735,02	111,98869	13469,99892	765,0
MUESTRA-15	4690	2.814.000	4,064	550567,33	149,31415	12522,39948	876,4
MUESTRA-16	3410	2.046.000	2,794	244132,15	224,0582	22890,77512	802,1
MUESTRA-17	3250	1.950.000	2,921	276767,43	192,27515	19577,82122	818,7
MUESTRA-18	3410	2.046.000	2,54	356439,36	163,54282	20873,07552	854,7

**Tabla 13** Resultados generales Flexión para todas las muestras *fuentes: propia*



**Grafica 5** Resultados generales Flexión comparación entre todos los culmos **Fuente: propia**

El primer tipo de espécimen que se ensayó a Flexión es de 30 cm con el nudo propio de la caña en el medio de la muestra. El otro tipo de probeta ensayada de características similares con la salvedad de que la muestra no cuenta con nudo y dicha discontinuidad. Por ende, se puede apreciar en los resultados de laboratorio y en la gráfica anterior que las muestras con nudo tienen una mayor resistencia ultima de falla a flexión utilizadas para elementos sometidos a cargas muertas y cargas vivas bajas, en los que los valores de deflexión sean poco importantes, así como vigas secundarias.

La resistencia evaluada mediante ensayos de laboratorio muestra que la caña guadúa es tan fuerte como la madera, es decir alrededor del 1/30 de la fuerza del acero, para la determinación de la resistencia de especímenes de caña guadua es de vital importancia conocer la relación existente entre la longitud y la sección mínima, la misma que para recomendaciones constructivas ayudará a prevenir el pandeo de elementos estructurales, dichos resultados aumentan en función de la edad, hasta los 3 años el aumento es significativo Mientras que pasado este lapso de tiempo el incremento es relativamente despreciable.

## **CAPITULO IV.**

### **METODO DE PRESERVACIÓN**

Una vez ejecutada la metodología y procedimiento indicados en el capítulo II del trabajo en mención, para llevar a cabo el análisis de un proceso de inmunización se obtuvieron los siguientes resultados:

#### **4.1 METODO DE PRESERVACION (INMERSION EN ACIDO DE BORAX)**

Como ya se ha mencionado anteriormente, el bambú posee una durabilidad natural baja, misma que se puede aumentar aplicándole sustancias preservadoras que lo protegen contra el ataque de hongos e insectos o realizando un proceso de inmersión con diferentes químicos alargando su vida en servicio. Existen varias opciones para tratamiento, pero por motivos prácticos de esta investigación se ha decidido realizar una investigación exhaustiva sobre el método de inmersión en ácido de bórax, un compuesto químico muy apropiado (sino es el mejor) para tratar de forma satisfactoria la caña guadúa. Este componente reduce el daño por hongos e insectos en casi un 100%, sin que esto implique un daño en la salud humana.

Se realizo el procedimiento de inmersión de 4 culmos de guadua en tanques de agua con ácido de bórax para hacer el respectivo análisis y comparación.



***Ilustración 11 Culmos de guadua inmersos en acido de bórax Fuente: Propia***



Se realizó un montaje en los laboratorios de la universidad católica de Colombia para realizar un análisis exhaustivo ante rayos ultravioleta de 4 culmos de guadua con tratamiento en ácido de bórax y 4 culmos de guadua en su estado natural como se muestra en la siguiente ilustración



**Ilustración 12** Montaje realizado para analizar culmos de guadua ante rayos UV  
**Fuente: propia**

Para el respectivo análisis de los rayos ultravioleta se tiene a disposición bombillas de rayos UV como se muestra en la siguiente ilustración



**Ilustración 13** bombillas de rayos UV de universidad católica **Fuente: propia**



**Ilustración 14** Culmos de guadua penetrados por rayos UV **Fuente: propia**



**Ilustración 15** Montaje de culmos analizados por Rayos UV con plástico artificial **Fuente: propia**

#### 4.1.1 RESULTADOS EXPOSICIÓN RAYOS UV

La radiación ultravioleta, es el principal causante de la degradación de las superficies de madera y recubrimientos. La luz ultravioleta transmitida por el sol inicia reacciones fotoquímicas en la superficie de la madera resultando deterioros visibles como un cambio de color por degradación de la lignina y fallas en la adhesión entre madera, recubrimientos y aumento de rugosidad de la superficie.

Para la respectiva comparación entre los culmos expuestos a rayos UV se tomaron fotos de los diferentes culmos en estado natural e inmunizados, antes y después de la exposición de los rayos UV en el montaje realizado en la Universidad Católica de Colombia.

A continuación, se mostrarán las diferentes fotos de los culmos de guadua expuestos en el montaje realizado donde se puede observar la coloración obtenida luego de las 720 horas a las que fueron expuestas.

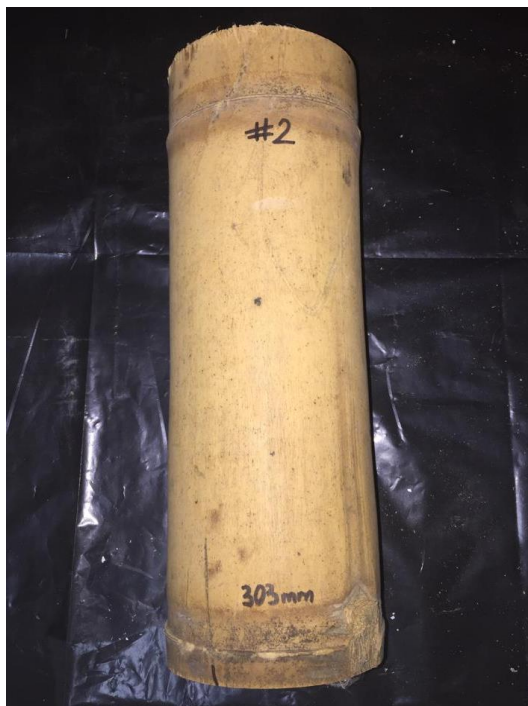


**Ilustración 16** Culmo de guadua N°1 en estado natural antes de exposición a rayos UV  
**Fuente: Propia**



**Ilustración 17** Culmo de guadua N° 1 en estado natural después de exposición a rayos UV  
**Fuente: Propia**





**Ilustración 19** Culmo de guadua N° 2 en estado Natural antes de exposición a rayos UV **Fuente: propia**



**Ilustración 18** Culmo de guadua N° 2 en estado Natural después de exposición a rayos UV **Fuente: propia**



**Ilustración 21** Culmo de guadua N° 3 en estado Natural antes de exposición a rayos UV **Fuente: propia**



**Ilustración 20** Culmo de guadua N° 3 en estado Natural después de exposición a rayos UV **Fuente: propia**



**Ilustración 23** Culmo de guadua N° 4 en estado Natural antes de exposición a rayos UV **Fuente: propia**



**Ilustración 22** Culmo de guadua N° 3 en estado Natural después de exposición a rayos UV **Fuente: propia**

Los rayos ultravioletas son invisibles, forman parte de la energía que viene del sol, degradando este y otros materiales a través del tiempo. Estas muestras fueron expuestas a Rayos UV durante 720 horas aproximadamente 1 mes, donde se pueden evidenciar cambios en la coloración de su estructura, adoptando un color blanco que evidencia pérdidas en sus propiedades físicas como se puede evidenciar en el siguiente ensayo de compresión.

Como se puede evidenciar en las ilustraciones anteriores los agentes responsables de los cambios físicos en la superficie de la guadua, como decoloración y agrietamiento, ocasionados por el medio ambiente son, la radiación solar (luz ultravioleta, visible e infrarroja), humedad (rocío, lluvia, nieve) y temperatura. El conjunto de estos elementos como su interacción son puntos clave que intervienen en el proceso de envejecimiento y agrietamiento superficial de la guadua.



**Ilustración 24** Culmos de guadua después de proceso de exposición a rayos UV **Fuente: propia**

Para diferenciar los culmos de guadua en su estado natural y los culmos de guadua con proceso de inmersión en ácido de bórax, con un marcador se diferenciaron con la letra I (Inmunizada) como se puede evidenciar en la ilustración N° 24. Las Muestras en estado Natural sin proceso de inmunización en ácido de bórax sufrieron un proceso de penetración de rayos UV produciendo un color blanco en su estructura que se puede evidenciar claramente en Ilustraciones N° 16,18,21 y 22

La acción de esta degradación tiene como resultados visibles: pérdida de brillo, cambio de matiz, laminación (ampollas), craqueo o agrietamiento y amarillamiento. El cambio de color de la madera es básicamente una reacción de superficie, que también puede afectar de forma más profunda, por las reacciones derivadas de la degradación.



#### 4.1.2 ENSAYO DE LABORATORIO DE COMPRESIÓN A CULMOS DE GUADUA INMUNIZADA Y EN ESTADO NATURAL

Se evaluó el comportamiento de las ocho muestras de caña guadúa inmunizadas y en estado natural ante el esfuerzo a compresión mediante la norma técnica colombiana NTC 5525, “MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA”

Por logística y daños en la maquina MTS universal para ensayos mecánicos de la universidad católica de Colombia, el siguiente ensayo de laboratorio se realizó en la maquina universal de la misma con otras especificaciones diferentes.



**Ilustración 26** Resistencia a compresión de Culmo de guadua sin inmunizar **Fuente: Propia**



**Ilustración 25** Resistencia ultima de compresión culmo de guadua sin inmunizar **Fuente: propia**

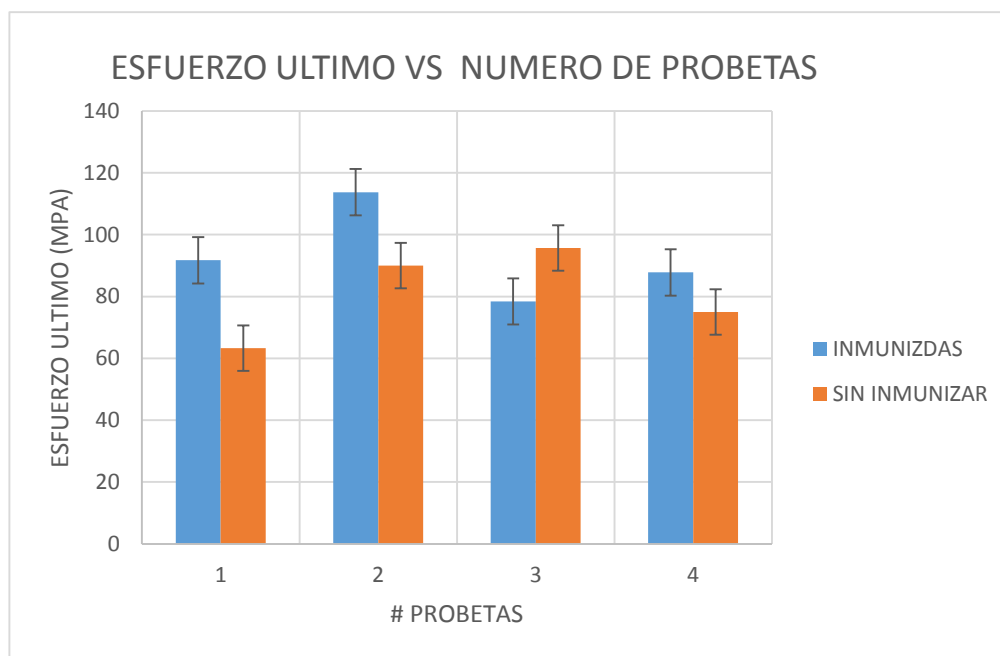
A continuación, se muestran los cálculos obtenidos de ensayo de compresión con la misma metodología mencionada anteriormente

#### 4.2.2.1 Análisis de los resultados

A continuación, se muestran los resultados del esfuerzo ultimo para cada una de las probetas inmunizadas y en su estado natural que sufrieron compresión por aplastamiento, para realizar la respectiva comparación

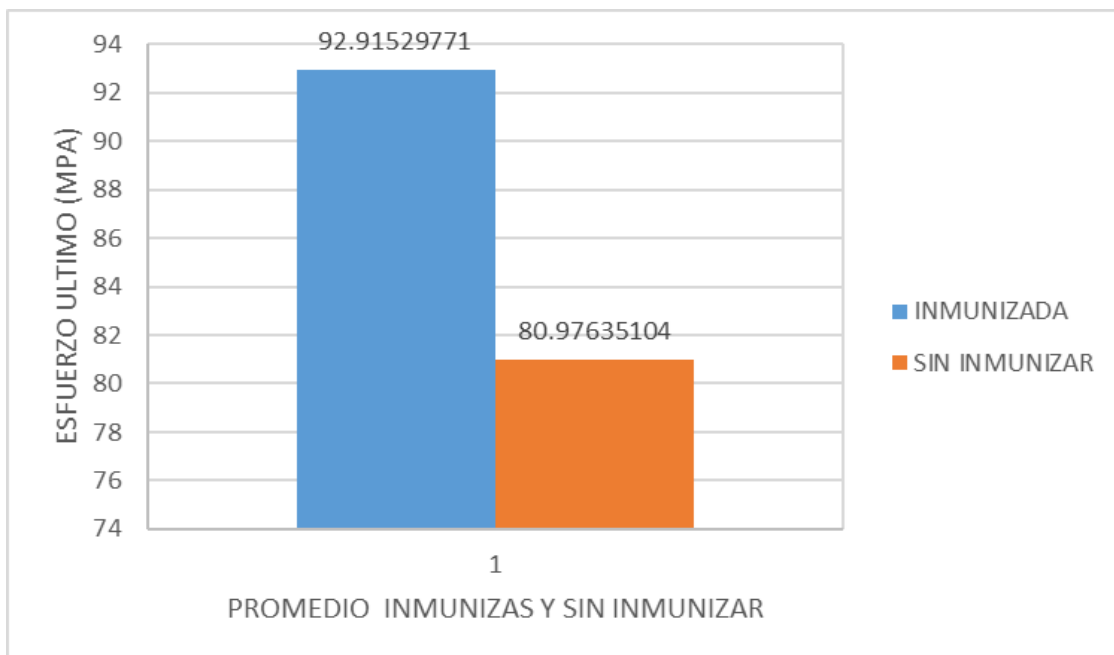
# PROBETAS	CARGA	ESFUERZO ULTIMO (MPA)
INMUNIZADAS		
1	182.1	91.71517035
2	199.2	113.7411295
3	181.6	78.4052324
4	189.2	87.79965854
SIN INMUNIZAR		
1	138.3	63.25630842
2	162.2	89.96637653
3	148.6	95.72159689
4	95.2	74.96112232

**Tabla 14** Resultados generales y promedio Guadua inmunizada y natural **Fuente: propia**



**Grafica 6** Esfuerzo ultimo Vs N° de Probetas - comparación **Fuente: propia**





**Grafica 7** Promedio de esfuerzo ultimo muestras de guadua inmunizadas y sin inmunizar  
**Fuente: propia**

En el grafico anterior se observa que las probetas de guadua con proceso de inmunización tuvieron una mayor resistencia a comparación de las probetas en estado natural. El promedio del esfuerzo ultimo de las probetas inmunizadas fue de 92.2 (MPa) en comparación de las probetas sin inmunizar donde su esfuerzo último de falla fue de 80,97 (MPa).

Según los resultados anteriores se deduce que las probetas inmunizadas con el método de inmersión en acido de bórax y expuestas a los rayos UV tienen una mejor reacción en cuanto a color, resistencia a compresión, y por ende una mayor duración para usos constructivos.

#### 4.1.3 COMPARACION RESULTADOS PROBETAS EXPUESTAS A INTEMPERISMO

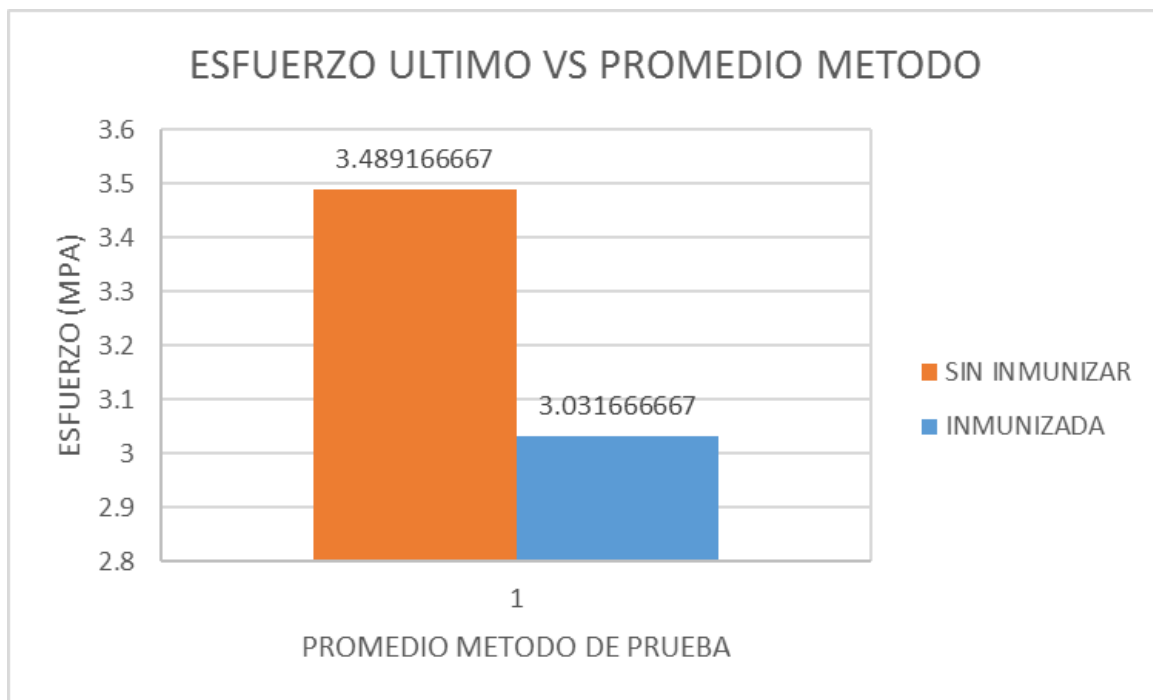
Los siguientes resultados fueron obtenidos en investigación realizada por la universidad libre de Pereira por DANIEL RENDON GARCIA Y JUAN MATEO LOPEZ para obtener el título de ingenieros civiles.

MUESTRAS INMUNIZADAS CON ACIDO DE BORAX 3% Y ACIDO BORICO AL 3% LABORATORIO DE COMPRESIÓN							
MUESTRAS	Diámetro int (mm)	Diámetro ext (mm)	Longitud (mm)	peso (gr)	CARGA (N)	Área Transversal (mm <sup>2</sup> )	Esfuerzo ULT MPA (N/mm <sup>2</sup> )
M-01	75	105	200	453.78	13277	4241	3.13
M-02	77	101	200	448.56	13316	3355.1	3.97
M-03	75	107	200	477.65	12319	4574	2.69
M-04	73	110	200	531.09	14702	5317.8	2.76
M-05	73	106	200	505.04	12418	4639.2	2.68
M-06	79	113	220	705.65	19840	5126.9	3.87
M-07	76	109	215	674.59	17107	4794.7	3.57
M-08	77	104	200	459.5	10795	3838.1	2.81
M-09	79	103	200	347.09	7919	3430.5	2.31
M-10	74	110	210	536.5	14426	5202.3	2.77
M-11	78	108	220	512.9	13574	4382.4	3.1
M-12	80	110	220	476.08	12180	4476.6	2.72

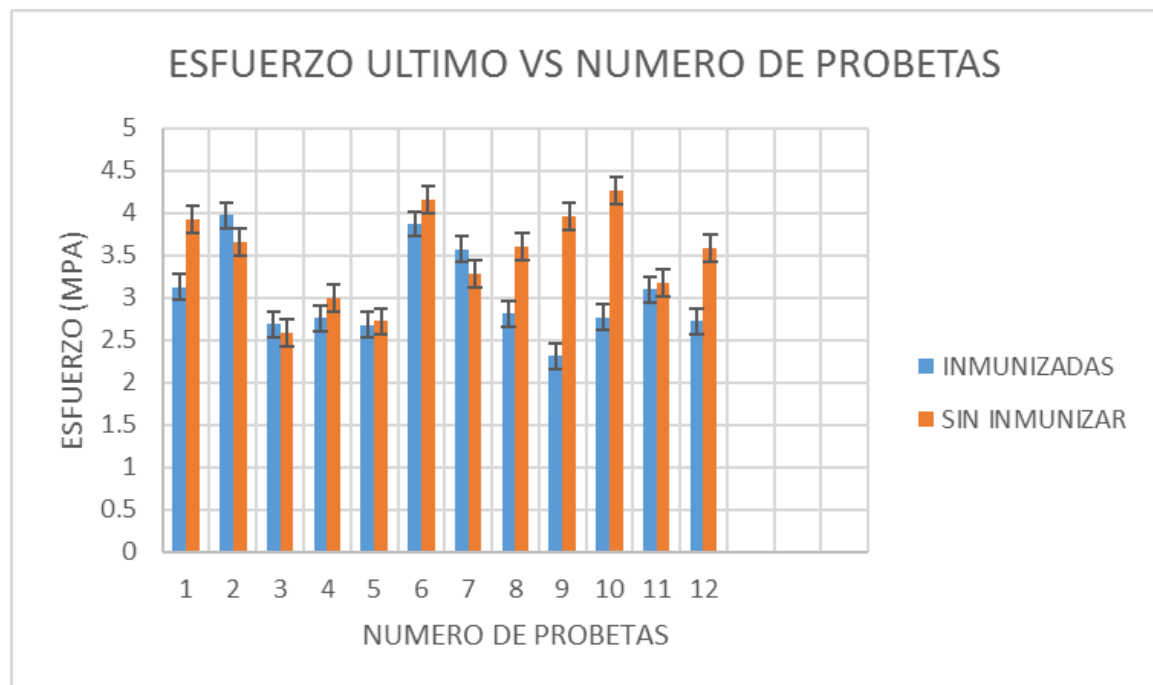
**Tabla 15** Muestras de guadua inmunizadas con ácido de bórax **Fuente (LOPEZ)**

MUESTRAS SIN INMUNIZAR LABORATORIO DE COMPRESIÓN							
MUESTRAS	Diámetro int (mm)	Diámetro ext (mm)	Longitud (mm)	peso (gr)	Carga (N)	Área Transversal (mm <sup>2</sup> )	Esfuerzo ULT MPA (N/mm <sup>2</sup> )
M-01	73	103	200	569.91	16307	4146.8	3.93
M-02	81	115	230	784.75	19096	5233.7	3.65
M-03	65	99	200	424.43	11279	4379.3	2.58
M-04	77	106	210	524.87	12454	4168	2.99
M-05	85	110	220	473.57	10405	3828.7	2.72
M-06	80	113	220	767.22	20754	5002.1	4.15
M-07	82	122	230	823.69	20990	6408.7	3.28
M-08	84	115	225	706.58	17419	4845	3.6
M-09	75	114	220	821.08	22947	5789.9	3.96
M-10	81	108	220	626.86	17075	4007.8	4.26
M-11	77	116	225	746.63	18741	5911.5	3.17
M-12	76	108	200	494.08	16555	4624.3	3.58

**Tabla 16** Muestras de Guadua sin inmunizar **Fuente: (LOPEZ)**



**Grafica 9** Método de prueba promedio de las probetas inmunizadas y sin inmunizar **Fuente: (LOPEZ)**



**Grafica 8** Comparación esfuerzo ultimo de falla probetas inmunizadas y en estado natural **Fuente: (LOPEZ)**

#### 4.1.3.1 ANALISIS DE RESULTADOS

El tratamiento de la guadua angustifolia Kunth, es un proceso realizado para que la guadua aumente considerablemente su durabilidad protegiéndola de agentes bióticos tales como escarabajos, termitas, hongos etc. Y de esta manera pueda conservar sus propiedades. Los rayos UV son invisibles, forman parte de la energía que viene del sol cuya longitud de onda esta entre (400 y 10 nanómetros).

Al someter la guadua angustifolia kunth a la intemperie es degrada por factores ambientales como la humedad, rayos ultravioletas (UV) agentes contaminantes entre otros.

Con el paso del tiempo, al no utilizar un método de preservación adecuado la guadua angustifolia kunth empezará a presentar una degradación por efecto de los rayos (UV) debido a que su composición principal es la celulosa, hemocelulosa y lignina por ende se presenta un proceso llamado lignolisis el cual consiste en la formación de humus por la degradación de la lignina deteriorando su estructura. En las muestras expuestas a la luz ultravioleta en el laboratorio de la universidad católica de Colombia se observó que las probetas sin ningún tipo inmunizante tuvieron un cambio de color en su estructura exterior debido al efecto que produjeron los rayos (UV) sobre su composición por lo cual se empieza a degradar.

Las probetas puestas a prueba en la UNIVERSIDAD LIBRE DE PEREIRA fueron expuestas a un ambiente de intemperismo durante tres meses, los resultados no mostraron un cambio muy significativo entre las muestras inmunizadas y en su estado natural, esto debido al poco tiempo en que se pusieron a prueba ya que en la madera la degradación se presenta con el paso del tiempo, entre mayor tiempo sea su exposición a agentes de intemperismo mayor será el cambio representado en su estructura reduciendo su durabilidad.

Los resultados obtenidos en los ensayos de compresión arrojaron que las muestras naturales necesitaron de un mayor esfuerzo de compresión, esto se debió a que todos los culmos no tiene las mismas características como diámetro interno, externo y entre otros factores que influyen en los resultados por lo que es difícil obtener datos precisos.

Una variable también importante en la toma de medidas de las muestras es el espesor de las probetas. En los laboratorios realizados el espesor promedio de los culmos sin inmunizar fue de 32.75mm y los inmunizados 30.83 mm por lo cual, la probeta en estado natural tiene mayor cantidad de fibras en su estructura y por esta razón se evidenció una mayor resistencia a compresión en comparación a las muestras inmunizadas

# CAPÍTULO V

## CULTIVO, PRODUCCION Y APLICACIÓN DE LA GUADUA EN COLOMBIA

Una vez ejecutada la metodología indicada en el capítulo II del trabajo en mención, para llevar a cabo la investigación de los aspectos generales de la guadua angustifolia kunth se obtuvieron los siguientes resultados:

### 5.1 ASPECTOS GENERALES ACERCA DE LA GUADUA, PROCESO DE CULTIVO, PRODUCCIÓN Y APLICACIÓN EN COLOMBIA

Para la investigación de aspectos generales de la guadua angustifolia kunth, sus diferentes campos de acción, producción y aplicación, se asistió a la Biblioteca central de la universidad Nacional De Colombia y a uno de los viajes de la Universidad Católica De Colombia al paraíso del bambú y la guadua en Armenia Quindío donde se pudieron observar aspectos generales representados en la siguiente investigación.



**Ilustración 27** Estudiantes Universidad Católica de Colombia - Palacio de la guadua y bambú Armenia, Quindío **Fuente: propia**

### 5.1.1 PROCESO DE CULTIVO

Actualmente la norma técnica colombiana NTC 5300 establece los requisitos que se deben seguir para la cosecha y postcosecha de los culmos maduros de *guadua angustifolia kunth*.

En Colombia existen guaduales naturales y sembrados. En el guadual nativo se hacen entresacas para aprovecharlo. Para sembrar uno nuevo se traza una cuadrícula con separaciones de 5 metros y en cada punto de cruce se realiza la plantación de una mata. Las raíces de la guadua se cortan, se siembran y en su proceso da una nueva mata; el tallo también se corta en pedazos y se siembra para que retoñe.

Para el proceso de plantación de la guadua se deben tener en cuenta guaduales vigorosos es decir fuertes, gruesos y de buenas condiciones para recolectar de allí los chusquines o plántulas que se encuentren dentro de los guaduales. Esto para llevarlas a los terrenos que ya deben tener una preparación previa adecuada para la respectiva siembra con suelos franco-arenosos ricos en materia orgánica. Con respecto al terreno las aceras deben tener una separación de 1.20 m a 5 m entre cada siembra y orientándola de oriente a occidente con respecto al sol para que este le esté penetrando permanentemente.



**Figura 15** Desprendimiento de malezas de plantas a sembrar **Fuente (Rodriguez, 2014)**



Para garantizarle la vida al cultivo hay que regar las plantas con abundante agua ya que en sus inicios es muy exigente en hidratación. Por esta razón los germinadores o bancos de propagación deben tener fuentes hídricas cercanas, o deben tener forma de llevar agua al cultivo a través de riego mecánico o riego manual.



**Figura 16** Proceso de riego automático para el cultivo  
**Fuente (Rodríguez, 2014)**

En los siguientes 12 o 15 días después de sembrado se añade un fertilizante alrededor de la planta sembrada, y se cubre con abundante agua. Después de transcurridos 3 meses de un buen proceso de siembra, riego y fertilización se obtiene una plántula que ha echado otras plántulas. Esto quiere decir que, si se ha sembrado una plántula, en su proceso puede obtener entre 8 y 12 nuevas plántulas debido a su proceso de crecimiento óptimo.

Es por esta razón que la guadua es un material único que crece rápidamente a diferencia de otras maderas que tardan más tiempo en crecer y con diferentes propiedades tanto físico mecánicas como sus características en general.



**Figura 17** Plántulas de guadua en bolsas de tierra negra en poli sombra

**Fuente:** (Rodríguez, 2014)

En los siguientes 3 meses se hace un proceso de selección en el cultivo arrancándolas y llevándolas al banco de propagación para que sigan su proceso de siembra y otras a bolsas con una preparación previa con tierra negra cernida y zarandeada garantizando que no tenga piedras o terrones que obstaculicen el crecimiento de la planta y mezclada con cascarilla de arroz lo que disminuye el peso, dando así porosidad a la bolsa permitiendo albergar aire, agua y nutrientes.

Luego durante 3 meses se llevan a la poli sombra para su crecimiento y proceso final de cultivo para hacer la entrega y distribución a proyectos de reforestación, para protección de fuentes hídricas y protección de suelo, o personas que quieren hacer plantación de guadua con interés comercial.



### 5.2.2 GUADUALES NATURALES

En el eje cafetero colombiano hay aproximadamente 30.000 hectáreas de guaduales de los cuales 5000 son plantadas. Por ejemplo, Córdoba Quindío considerado el patrimonio cultural cafetero, es uno de los 12 municipios que conforman el departamento del Quindío y uno de los cinco que están asentados sobre la cordillera central. La guadua siempre ha estado presente en este lugar y se ha convertido en una de las principales actividades económicas de la región del Quindío.

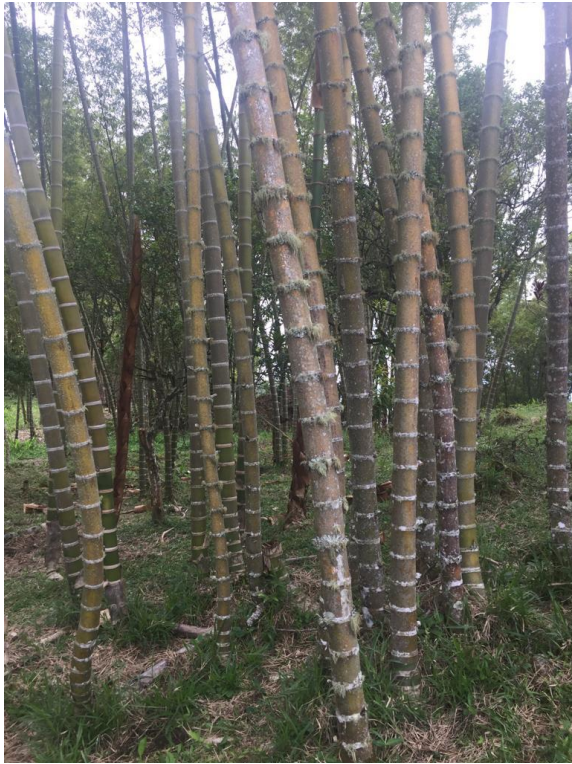


**Ilustración 29** Guadua natural Armenia, Quindío  
**Fuente: Propia**



**Ilustración 28** Guadua Natural estado Verde joven Armenia, Quindío **Fuente: propia**

Según la ilustración N° 63 y 64 se pueden observar plantas de guadua angustifolia kunth en estado joven donde sus características son color verde, anillos blancos, y algunas ramas en sus costados laterales y como se puede observar en algunas plantas aún conservan sus hojas caulinares. En este estado dura 1 año y medio es decir desde que nace hasta llega a su estado verde. Esta planta en ese estado no se debe cortar ya que esta está muy biche y tierna por ende aún no tiene un estado completo de madurez y si se cortara se arruga, se raja, lo atacarían los insectos etc.



**Ilustración 30** Guaduales Naturales Maduras con anillos blancos Pauna, Boyaca **Fuente: propia**



**Ilustración 31** Guaduales Naturales edad antigua sin hojas caulinares Pauna, Boyacá **Fuente: propia**

En las ilustraciones N° 65 y N° 66 podemos evidenciar cultivos totalmente naturales en el municipio de Pauna, Boyacá con características de guadua madura y sobremadura entrando en una etapa de guadua antigua.

### 5.3.3 PRODUCCION DE GUADUA EN COLOMBIA

Colombia cuenta actualmente con una producción de aproximadamente 55.000 hectáreas de guadua en su mayoría en el eje cafetero, con un aproximado de 33.000 hectáreas de las cuales 5000 tienen un proceso de plantación.

Según Jorge Augusto Montoya director de ingeniería de procesos sostenibles de maderas y presidente de FEDEGUADUA explicó que la guadua es un recurso natural sostenible, ya que entre un 95% y 97% de los cultivos nadie los ha sembrado, son totalmente naturales, no requieren un mantenimiento y han crecido por características de suelo y clima de las regiones.





**Ilustración 32** *Guadua - paraíso del bambú y la guadua*  
**Fuente:** *propia*

#### **5.3.4 APLICACIONES Y USOS EN COLOMBIA**

La industrialización de la guadua en Colombia ha estado dirigida también a los sectores como muebles, artículos decorativos utilitarios y artesanales. La Guadua presenta un estado de usos y aplicaciones que oscilan desde lo artesanal hasta elementos de diseño de alta artesanía. Con pequeñas maquinas diseñadas particularmente por cada empresario, se ha ido abriendo paso con esta industria en el mercado nacional e internacional. Los muebles colombianos elaborados en guadua presentan un estilo característico muy distinto a los muebles asiáticos; el sector de artesanías y artículos decorativos utilitarios también tienen estilo colombiano, con diseños muy sencillos, utilizando la mayoría de las veces la forma natural de la guadua. El desarrollo de la industria artesanal con guadua contribuye a la generación de empleo y está ligada al turismo.

#### 4.3.4.1 OBJETOS, MUEBLES, ACCESORIOS

En la actualidad la guadua está siendo un material alternativo para la construcción, objetos decorativos y muebles en remplazo de la madera ya que la producción de guadua es mucho más rápida que otro tipo de maderables como el pino, el roble y entre otras.



**Ilustración 33** Objetos y accesorios realizados con guadua-cubiertos **Fuente: Propia**

La guadua ha sido un material artesanal con el cual actualmente se realizan muebles, closet, sofás, camas y entre otros. Esto que representa una actividad económica que ha venido creciendo con el trascurso del tiempo en el mercado nacional e internacional por la buena calidad y duración de los objetos realizados con este material.

#### 4.3.4.2 CONSTRUCCIÓN

En la actualidad en Colombia se está utilizando la guadua como material alternativo en la construcción conocido como el acero vegetal por sus excelentes propiedades físicas y mecánicas pero debido a su poca durabilidad que tiene al ser utilizado a la intemperie no se ha constituido como un elemento indispensable en las edificaciones.

El arquitecto SIMON VELEZ es conocido en nuestro país por sus múltiples construcciones en guadua lo cual le ha generado reconocimientos internacionales al utilizar este material en la construcción. En nuestro territorio la norma NSR-10 establece los requisitos que se deben cumplir al utilizar este material para usos constructivos.



**Ilustración 34** Construcción realizada con *Guadua Angustifolia Kunth* - Armenia, Quindío  
**Fuente: propia**

En la construcción a la caña guadua se le pueden dar los siguientes usos estructurales:

#### **4.3.4.2.1 USO EN MUROS**

Su gran resistencia a la compresión lo hace un elemento adecuado como muro, además puede aumentar su rigidez, durabilidad y debilidades contra el fuego al recubrirlo con mortero. Para mejorar el comportamiento horizontal de estos muros se los puede juntar con traveses de madera anclados a la *Guadua angustifolia Kunth* con marcos de acero.

#### **4.3.4.2.2 USO EN COLUMNAS**

Generalmente se usa un solo culmo de *Guadua angustifolia Kunth* como columna, pero tiene algunos problemas en especial el posible pandeo de esta. Por este motivo se debe construir columnas mixtas con dos o más culmos. Si es que se lo quiere dejar expuesto en el interior de la vivienda se deben tomar las debidas precauciones.





**Figura 18** Culmos de guadua como columnas en construcción  
**Fuente:** (Zuluaga, 2012)

#### **4.3.4.2.3 USO EN VIGAS**

Al igual que en las columnas, al ser utilizados con un solo culmo, sufren algunos problemas por los esfuerzos de flexión y corte a los que son sometidos. Para evitar dichos fallos lo mejor es utilizarlos en grupos de *Guadua angustifolia* Kunth, lo cual los hace más resistentes.



**Figura 19** Culmos de Guadua usados como vigas en construcción de garaje  
**Fuente:** (bambusa.es, 2009)

#### **4.3.4.2.4 USO EN MARCOS ESPACIALES**

Pese a ser un diseño poco usado, se lo está tomando en cuenta ya que explota las propiedades del material en compresión y tracción. Sin embargo, su uso puede requerir conexiones especiales que son costosas, y además dejan la guadua expuesta al fuego.

#### **4.3.4.2.5 USO EN VIGAS DE ENTREPISO**

Al igual que las vigas tradicionales, éstas tienen grandes problemas de flexión y de vibración lo que se puede solucionar con un piso más rígido y pesado. Sin embargo, esto hace que los culmos puedan ser aplastados, se solucionará como se ha dicho en diversas ocasiones con el vaciado de hormigón dentro de los entrenudos que tengan este problema. Se pueden juntar dos o más culmos intentando evitar esto, pero aún nada demuestra que los culmos en conjunto puedan transmitir efectivamente esfuerzos.

#### **4.3.4.3 AGRICULTURA Y GANADERIA**

Los culmos de guadua angustifolia kunth presentan un sin número de aplicaciones en la vida diaria de los pobladores rurales y el campo colombiano. Desde utensilios para el hogar hasta infraestructuras agropecuarias como corrales para el ganado o gallineros, secar la hoja del tabaco o elaborar cajas de embalaje para frutas y verduras.



**Figura 20** Cercas con culmos de guadua para cultivos de frutas y verduras



#### 4.3.4.4 SERVICIOS AMBIENTALES

La guadua presta un sin número de servicios ambientales: conserva el suelo, controla la erosión, regula el caudal hídrico, aporta materia orgánica, contribuye a la biodiversidad por ser hábitat de diversa flora y fauna, es secuestrante de CO<sub>2</sub>, y embellece el paisaje promocionando el ecoturismo. Su rápido crecimiento tanto aéreo como subsuperficial, la red de rizomas en la capa superficial del suelo (20-50 centímetros) y su disposición para ocupar áreas perturbadas, hacen de la guadua un recurso ideal para la conservación de suelos inestables. La guadua ha sido utilizada para proteger la superficie del suelo de la acción solar a través de su sombra y de la deposición de hojarasca, y para recuperar tierras degradadas debido a la deforestación y a las prácticas agrícolas ineficientes. En la región cafetera de Colombia es frecuente observar trinchos de guadua (culmos o esterilla) para controlar los caudales de agua y mitigar la erosión inducida por el hombre.

#### 4.3.4.5 INDUSTRIALIZACION

La Guadua angustifolia kunth tiene fibras naturales fuertes que permiten desarrollar productos industrializados tales como paneles, aglomerados, pisos y laminados, es decir productos que sustituyen la madera y pueden competir con este material en el mercado nacional e internacional. Es importante señalar que la aplicación de la guadua en los procesos industriales anteriormente mencionados contribuye a reducir el impacto sobre la selva húmeda tropical y a conservar nuestra biodiversidad.



**Ilustración 35** Láminas de Guadua para industrialización **Fuente: propia**



**Ilustración 36** Guadua laminada en uso constructivo para la venta **Fuente. propia**



# CONCLUSIONES

Con base en los resultados de la investigación y la pregunta de investigación “¿según sus propiedades físicas y mecánicas, la guadua *Angustifolia Kunth*, se podría utilizar como material alternativo en la construcción usando un método de protección a la intemperie que mejore su durabilidad?, pueden inferirse las siguientes conclusiones

- Si; la guadua *angustifolia kunth* sí cumple con los requisitos impuestos por la normativa NSR 10 - TITULO G de manera que el uso de caña guadua como material estructural es aceptable en el uso constructivo.
- Se reafirmó y comprobó que la guadua *angustifolia kunth* es un material apto en el uso constructivo, pero que al ser un material expuesto a la intemperie sufre diferentes daños en su estructura reduciendo sus características de durabilidad. Es por esta razón que se debe aplicar un método de inmunización que no tenga efectos secundarios con la misma estructura o el medio ambiente, y que garantice mejorar sus propiedades físico-mecánicas y durabilidad.
- Según el análisis realizado y resultados experimentales obtenidos, con el método de inmersión en ácido de bórax se evidenció que después de este proceso en mención, las muestras de guadua inmunizadas tuvieron una resistencia significativamente alta en comparación de las probetas en su estado natural, y no mostraron ninguna coloración extraña ante los rayos UV en el montaje realizado.
- La resistencia ultima de falla a compresión y flexión de las muestras de guadua con nodos fueron significativamente más altas que las muestras con secciones sin nudo ya que estas muestras se tomaron entre los nudos de la lata o tablilla extraída de la caña de bambú en su proceso de corte y por ende estas muestras pierden características en cuanto a resistencia.

## RECOMENDACIONES

- Para la utilización de la guadua angustifolia kunth en la construcción se debe utilizar un método de inmunización adecuado ya que con el paso del tiempo sufre deterioro en su estructura debido a la radiación ultravioleta, humedad y agentes contaminantes disminuyendo su durabilidad y resistencia.
- En el caso de resistencia de las muestras de guadua ensayadas uno de los factores más determinantes fue el espesor de las paredes de los culmos ya que en la toma de medidas, las probetas no cuentan con un diámetro interno, espesor o longitud uniformes, sino que sus medidas cambian con respecto a las diferentes secciones del culmo debido a su crecimiento. Por esta razón no siempre a mayor diámetro se presentó mayor resistencia como se puede evidenciar en los resultados obtenidos, ya que hubo culmos de 5 cm de diámetro que tuvieron una mayor resistencia en comparación a culmos de 10 cm y 15 cm de diámetro.
- Según la investigación realizada, la guadua ha tomado gran importancia en el emprendimiento colombiano, generándose programas de pequeñas plantaciones para servicios ambientales como la protección de riberas de los ríos y de taludes, controlar la erosión, regular caudales hídricos, embellecimiento de paisajes en cuanto biodiversidad de flora y fauna promocionando el ecoturismo colombiano y sobre todo como materia prima para la elaboración de productos artesanales en todos los campos. El eje cafetero colombiano con ayuda de la guadua angustifolia kunth se ha convertido en un departamento con una actividad económica que ha venido creciendo con el transcurso del tiempo en el mercado nacional e internacional por la buena calidad y duración de los objetos realizados con este material.

## BIBLIOGRAFÍA

- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. NTC-5525, métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la guadua angustifolia. Bogota.INCOTEC, 2007.
- Chih-Hsuan Lee a, Te-Hsin Yang b, , Ya-Wen Cheng b, Chia-Ju Lee c. (22 May 2018) “Effects of thermal modification on the surface and chemical properties of moso bamboo” EL SERVIER. Vol 1N0 178 p 59
- GUADUA BAMBOO, Durability of Bamboo {En línea}.fecha{28 marzo de 2019}disponible en: <https://www.guaduibamboo.com/preservation>
- Michael Ramage, (30 August 2016) “Engineered bamboo: State of the art” disponible en <https://www.researchgate.net/publication/276836966>
- Claudia Patricia Girón Bermúdez, David Alonso Ibáñez (26 octubre, 2013) “La guadua: una maravilla natural de grandes bondades” disponible en <http://www.ecohabitar.org/la-guadua-una-maravilla-natural-de-grandes-bondades-y-prometedor-futuro/>
- Mario Añazco Romero, “Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú (Guadua angustifolia)” (octubre del 2015) disponible en <https://bambuecuador.files.wordpress.com/2018/01/2015-estudio-de-la-cadena-desde-la-produccion-al-consumo-del-bambu.pdf>
- Londoño, X. (2006) Aspectos generales de los bambúes americanos. Revista electrónica Bio Bambú.
- Scientia et Technica Año XIX, Vol. 19 (septiembre 2014) “Efecto del contenido de humedad en la resistencia a tensión paralela a la fibra del bambú Guadua Angustifolia Kunth” No. 3. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701
- Antonius Janssen, (1981) J. J. “Bamboo in building structures” [PhD Thesis]. Holanda. Eindhoven University
- Correal JF and Lopez LF (2008) “Mechanical properties of Colombian glued laminated bamboo. In Modern Bamboo Structures” (Xiao Y, Inoue M and Paudel SK (eds)). CRC Press (Taylor and Francis Group),

London, UK, pp. 121–128.

- Jules. J. A. Janssen (©INBAR, 2000): “Estudios comparativos realizados en la Universidad Técnica de Eindhoven, entre diversos materiales (acero, concreto, madera y bambú)” disponible en [http://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2869/Competition/Completion%20Report%20\\_INFORME%20DE%20CIERRE%20DEL%20PROYECTO%20BAMB%C3%9A%20PD428%20PDF.pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2869/Competition/Completion%20Report%20_INFORME%20DE%20CIERRE%20DEL%20PROYECTO%20BAMB%C3%9A%20PD428%20PDF.pdf)
- Lee, Chih-Hsuan, (2018) “Effects of thermal modification on the surface and chemical properties of bamboo”
- Guadua bamboo (2007-2019) “bamboo construction” disponible en <https://www.guaduabamboo.com/about-guadua-bamboo>
- ECOBAMBUSA, Empresa Colombiana de Negocios con Guadua - Bambusa, (2008) disponible <https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/5451/7.%20MarcoTeorico.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). Normas Colombianas de Diseño Sismo Resistente (NSR-10). Bogotá, 2010.
- X. Londoño, The American Bamboos with emphasis in the Genus Guadua. Instituto Vallecaucano de Investigaciones Científicas, INCIVA, Cali, septiembre de 1989.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Métodos de Ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth: Icontec, 2007. p. 5.
- International Organization for Standardization. Bamboo structural design (ISO 22156). ISO, 2001.
- CAORI PATRICIA TAKEUCHI, CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL BAMBÚ GUADUA LAMINADO PARA USO ESTRUCTURAL, Bogotá, 2014; 247p, (Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Doctor en Ingeniería Ciencia y Tecnología de Materiales) Universidad Nacional Facultad de ingeniería.
- Salas Delgado, E 2006. Actualidad y futuro de la arquitectura de bambú en Colombia, CATALUÑA España; SIMON VELEZ, (simbología y búsqueda de lo primitivo) tesis doctorado Universidad politécnico de Cataluña.

- Diseño e instalaciones de estructuras en bambú, BAMBUSA.ES (distribución mundial del bambu) {19 abril de 2019} disponible en {<https://bambusa.es/caracteristicas-del-bambu>}
- Reseña científica- biotecnología vegetal - El bambú en Colombia, Londoño Ximena Julio, 2011

---

Firma Estudiante

Fernando Castiblanco Rodriguez

Código: 506063

---

Firma Estudiante

Henry Octavio Torres Vásquez

Código: 505826

---

Firma Asesor del Trabajo de Grado

Nombre: Olga Lucia Vanegas Alfonso

FECHA

(15/11/2019)

**ANEXOS**

---

NOMBRE DE LA ASIGNATURA/PROYECTO DE INVESTIGACIÓN/SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO DE GRADO QUE SUSTENTA LA  
SOLICITUD DE TIEMPO DE LABORATORIO: *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del  
Culmo de Guadua Angustifolia en la construcción y estudio de un método  
de protección a la Intemperie.*

IDENTIFICACIÓN DE LOS SOLICITANTES DE TIEMPO DE LABORATORIO:

CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS	E-MAIL @ucatolica.edu.co	TELÉFONO
506063	<i>Fernando Castiblanco Rodríguez</i>	<i>fcastiblanco63@ucatolica.edu.co</i>	<i>3146667167</i>
505826	<i>Henry Torres Vargas</i>	<i>htorres26@ucatolica.edu.co</i>	<i>3109882765</i>

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDAD(ES) POR TIEMPO DE LABORATORIO SOLICITADO:

ID	HORARIO IDEAL			HORARIO OPCIONAL			ESPACIO SOLICITADO <sup>(2)</sup> (A-B-C-D-E)	ENSAYO(S) A REALIZAR EN CADA LAPSO
	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO <sup>(1)</sup> (HH:MM)	HORA FIN <sup>(1)</sup> (HH:MM)	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO <sup>(1)</sup> (HH:MM)	HORA FIN <sup>(1)</sup> (HH:MM)		
1	<i>17/10/19</i>	<i>18:00</i>	<i>20:00</i>	<i>18/10/19</i>	<i>16:00</i>	<i>18:00</i>	<i>C</i>	<i>Compresión</i>
2								
3								
4								
5								

(1) Cada lapso solicitado será máximo de 2 HORAS por día. Por favor, asistir con puntualidad para mayor optimización del tiempo.

(2) A) Mecánica de suelos. B) Concretos. C) Mecánica de Sólidos. D) Análisis de agua. E) Hidráulica

MATERIALES/EQUIPOS/ INSUMOS A USAR	UND	CANT	A CARGO:	
			LAB	USU
<i>Maguma Multisusos</i>	<i>1</i>		<i>X</i>	

OBSERVACIONES

Entiendo que debo diligenciar completamente esta solicitud y que su aprobación me obliga a cumplir a cabalidad con el "Reglamento de los laboratorios" de la FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA y a acatar las órdenes que se impartan por parte del personal docente y administrativo. Los elementos de protección personal serán de mi propiedad. También me comprometo con el uso eficiente del horario asignado: asistir, informar la no asistencia (por lo menos con un día hábil de anticipación).

FIRMAS

*Henry Torres V* SOLICITANTE 1  
*Fernando Castiblanco Rodríguez* SOLICITANTE 2  
*Henry Torres Vargas* SOLICITANTE 3  
*Henry Torres Vargas* SOLICITANTE 4  
*Henry Torres Vargas* SOLICITANTE 5  
*Henry Torres Vargas* COORDINADOR DE LABORATORIOS

Recuerde enviar la imagen del formato totalmente diligenciado a [labscivil@ucatolica.edu.co](mailto:labscivil@ucatolica.edu.co)





UNIVERSIDAD CATÓLICA  
de Colombia  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LABORATORIOS

FORMATO DE SOLICITUD Y PROGRAMACIÓN DE TIEMPO DE  
LABORATORIO DEDICADO A PRÁCTICA NO ASISTIDA (LIBRE)

F 053 LI 103 02

NOMBRE DE LA ASIGNATURA/PROYECTO DE INVESTIGACIÓN/SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO DE GRADO QUE SUSTENTA LA  
SOLICITUD DE TIEMPO DE LABORATORIO: *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas  
del culmo de guadua Angustifolia en la construcción y estudio de un  
método de protección a la intemperie.*

IDENTIFICACIÓN DE LOS SOLICITANTES DE TIEMPO DE LABORATORIO:

CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS	E-MAIL @ucatolica.edu.co	TELÉFONO
506063	Fernando Castiblanco Rodríguez	fcastiblanco63@ucatolica.edu.co	314667162
505826	Henry Torres Vazquez	htorres26@ucatolica.edu.co	3209882765

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDAD(ES) POR TIEMPO DE LABORATORIO SOLICITADO:

ID	HORARIO IDEAL			HORARIO OPCIONAL			ESPACIO SOLICITADO <sup>(2)</sup> (A-B-C-D-E)	ENSAYO(S) A REALIZAR EN CADA LAPSO
	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO <sup>(1)</sup> (HH:MM)	HORA FIN <sup>(1)</sup> (HH:MM)	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO <sup>(1)</sup> (HH:MM)	HORA FIN <sup>(1)</sup> (HH:MM)		
1	19/09/14	18:00	20:00	20/09/14	15:00	17:00	C	
2								
3								
4								
5								

(1) Cada lapso solicitado será máximo de 2 HORAS por día. Por favor, asistir con puntualidad para mayor optimización del tiempo.

(2) A) Mecánica de suelos. B) Concretos. C) Mecánica de Sólidos. D) Análisis de agua. E) Hidráulica

MATERIALES /EQUIPOS/ INSUMOS A USAR	UND	CANT	A CARGO:	
			LAB	USU
Maquina Multusos	1		X	
Balanza	1			X
Metro	1			X
Pie de Rey	1			X
Guadua				X

OBSERVACIONES

Entiendo que debo diligenciar completamente esta solicitud y que su aprobación me obliga a cumplir a cabalidad con el "Reglamento de los laboratorios" de la FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA y a acatar las órdenes que se impartan por parte del personal docente y administrativo. Los elementos de protección personal serán de mi propiedad. También me comprometo con el uso eficiente del horario asignado: asistir, informar la no asistencia (por lo menos con un día hábil de anticipación).

FIRMAS

*Henry Torres V*

SOLICITANTE 1

*Fernando Castiblanco Rodríguez*

SOLICITANTE 2

SOLICITANTE 3

SOLICITANTE 4

SOLICITANTE 5

*Guadua*

Recuerde enviar la imagen del formato totalmente diligenciado a [labscivil@ucatolica.edu.co](mailto:labscivil@ucatolica.edu.co)



NOMBRE DE LA ASIGNATURA/PROYECTO DE INVESTIGACIÓN/SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO DE GRADO QUE SUSTENTA LA  
SOLICITUD DE TIEMPO DE LABORATORIO:

Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del Culmo de Guadua  
Angustifolia en la construcción y estudio de un método de protección a la  
Intemperie.

IDENTIFICACIÓN DE LOS SOLICITANTES DE TIEMPO DE LABORATORIO:

CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS	E-MAIL @ucatolica.edu.co	TELÉFONO
506063	Fernando Castiblanco Rodríguez	Castiblanco63@ucatolica	3146667162
505826	Henry Torres Viquez	htorres26@ucatolica.edu	3209882768

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDAD(ES) POR TIEMPO DE LABORATORIO SOLICITADO:

ID	HORARIO IDEAL			HORARIO OPCIONAL			ESPACIO SOLICITADO <sup>(2)</sup> (A-B-C-D-E)	ENSAYO(S) A REALIZAR EN CADA LAPSO
	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO <sup>(1)</sup> (HH:MM)	HORA FIN <sup>(1)</sup> (HH:MM)	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO <sup>(1)</sup> (HH:MM)	HORA FIN <sup>(1)</sup> (HH:MM)		
1	16/09/19	12:00	14:00	17/09/19	12:00	14:00	C	
2								
3								
4								
5								

(1) Cada lapso solicitado será máximo de 2 HORAS por día. Por favor, asistir con puntualidad para mayor optimización del tiempo.

(2) A) Mecánica de suelos. B) Concretos. C) Mecánica de Sólidos. D) Análisis de agua. E) Hidráulica

MATERIALES /EQUIPOS/ INSUMOS A USAR	UND	CANT	A CARGO:	
			LAB	USU
Horno		1	X	
Balanza		1		X
Metra		2		X
Pc de Reg.		2		X

OBSERVACIONES

Entiendo que debo diligenciar completamente esta solicitud y que su aprobación me obliga a cumplir a cabalidad con el "Reglamento de los laboratorios" de la FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA y a acatar las órdenes que se impartan por parte del personal docente y administrativo. Los elementos de protección personal serán de mi propiedad. También me comprometo con el uso eficiente del horario asignado: asistir, informar la no asistencia (por lo menos con un día hábil de anticipación).

FIRMAS

Henry T. V.

SOLICITANTE 1

Fernando Castiblanco Rodríguez

SOLICITANTE 2

SOLICITANTE 3

SOLICITANTE 4

SOLICITANTE 5

Henry Torres Viquez

COORDINADOR DE LABORATORIOS

Recuerde enviar la imagen del formato totalmente diligenciado a [labscivil@ucatolica.edu.co](mailto:labscivil@ucatolica.edu.co)

NOMBRE DE LA ASIGNATURA/PROYECTO DE INVESTIGACIÓN/SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO DE GRADO QUE SUSTENTA LA SOLICITUD DE TIEMPO DE LABORATORIO:  
*Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del culmo de guadua angustifolia en la construcción y estudio de un método de protección a la intemperie*

IDENTIFICACIÓN DE LOS SOLICITANTES DE TIEMPO DE LABORATORIO:

CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS	E-MAIL @ucatolica.edu.co	TELÉFONO
506063	Fernando Castiblanco Rodríguez	fcastiblanco63@ucatolica.edu.co	314667162
505826	Henry Torres Vasquez	htorres26@ucatolica.edu.co	3209882765

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDAD(ES) POR TIEMPO DE LABORATORIO SOLICITADO:

ID	HORARIO IDEAL			HORARIO OPCIONAL			ESPACIO SOLICITADO <sup>(2)</sup> (A-B-C-D-E)	ENSAYO(S) A REALIZAR EN CADA LAPSO
	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO <sup>(1)</sup> (HH:MM)	HORA FIN <sup>(1)</sup> (HH:MM)	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO <sup>(1)</sup> (HH:MM)	HORA FIN <sup>(1)</sup> (HH:MM)		
1	05/04/14	13:00	15:00	06/04/14	12:00	14:00	C	
2	11/04/14	18:00	20:00	16/04/14	13:00	15:00	C	
3								
4								
5								

(1) Cada lapso solicitado será máximo de 2 HORAS por día. Por favor, asistir con puntualidad para mayor optimización del tiempo.

(2) A) Mecánica de suelos. B) Concretos. C) Mecánica de Sólidos. D) Análisis de agua. E) Hidráulica

MATERIALES /EQUIPOS/ INSUMOS A USAR	UND	CANT	A CARGO:	
			LAB	USU
Balanza		1	X	
Horno		1	X	
MTS		1	X	
Guadua				X

OBSERVACIONES

Entiendo que debo diligenciar completamente esta solicitud y que su aprobación me obliga a cumplir a cabalidad con el "Reglamento de los laboratorios" de la FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA y a acatar las órdenes que se impartan por parte del personal docente y administrativo. Los elementos de protección personal serán de mi propiedad. También me comprometo con el uso eficiente del horario asignado: asistir, informar la no asistencia (por lo menos con un día hábil de anticipación).

FIRMAS

Henry Torres V

SOLICITANTE 1

*[Firma]*

SOLICITANTE 2

SOLICITANTE 3

SOLICITANTE 4

SOLICITANTE 5

*[Firma]*

COORDINADOR DE LABORATORIOS

Recuerde enviar la imagen del formato totalmente diligenciado a [labsivil@ucatolica.edu.co](mailto:labsivil@ucatolica.edu.co)





NOMBRE DE LA ASIGNATURA/PROYECTO DE INVESTIGACIÓN/SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO DE GRADO QUE SUSTENTA LA SOLICITUD DE TIEMPO DE LABORATORIO:  
*Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del culmo de guadua, Angustifolia, en la construcción y estudio de un método de protección a la intemperie.*

IDENTIFICACIÓN DE LOS SOLICITANTES DE TIEMPO DE LABORATORIO:

CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS	E-MAIL @ucatolica.edu.co	TELÉFONO
506063	Fernando Castiblanco Rodríguez	fcastiblanco63@ucatolica.edu.co	3146667162
505826	Henry Torres Vasquez	htorres26@ucatolica.edu.co	3209882765

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDAD(ES) POR TIEMPO DE LABORATORIO SOLICITADO:

ID	HORARIO IDEAL			HORARIO OPCIONAL			ESPACIO SOLICITADO <sup>(2)</sup> (A-B-C-D-E)	ENSAYO(S) A REALIZAR EN CADA LAPSO
	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO <sup>(1)</sup> (HH:MM)	HORA FIN <sup>(1)</sup> (HH:MM)	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO <sup>(1)</sup> (HH:MM)	HORA FIN <sup>(1)</sup> (HH:MM)		
1	03/04/14	12:00	14:00	05/04/14	14:00	16:00	C	
2								
3								
4								
5								

(1) Cada lapso solicitado será máximo de 2 HORAS por día. Por favor, asistir con puntualidad para mayor optimización del tiempo.

(2) A) Mecánica de suelos. B) Concretos. C) Mecánica de Sólidos. D) Análisis de agua. E) Hidráulica

MATERIALES /EQUIPOS/ INSUMOS A USAR	UND	CANT	A CARGO:	
			LAB	USU
Maquina MTS		1	X	
Guadua				X

OBSERVACIONES

Entiendo que debo diligenciar completamente esta solicitud y que su aprobación me obliga a cumplir a cabalidad con el "Reglamento de laboratorios" de la FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA y a acatar las órdenes que se impartan por parte de personal docente y administrativo. Los elementos de protección personal serán de mi propiedad. También me comprometo con el uso eficiente del horario asignado: asistir, informar la no asistencia (por lo menos con un día hábil de anticipación).

FIRMAS

*Henry Torres V*  
SOLICITANTE 1

*Fernando Castiblanco*  
SOLICITANTE 2

*[Firma]*  
SOLICITANTE 3

*[Firma]*  
SOLICITANTE 4

*[Firma]*  
SOLICITANTE 5

*[Firma]*  
DOCENTE / TUTOR EN CÁRGA

*[Firma]*  
COORDINADOR DE LABORATORIOS

Recuerde enviar la imagen del formato totalmente diligenciado a [labscivil@ucatolica.edu.co](mailto:labscivil@ucatolica.edu.co)

NOMBRE DE LA ASIGNATURA/PROYECTO DE INVESTIGACIÓN/SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO DE GRADO QUE SUSTENTA LA SOLICITUD DE TIEMPO DE LABORATORIO:  
*Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del Culmo de guadua Angustifolia en la construcción y estudio de un método de protección a la intemperie.*

IDENTIFICACIÓN DE LOS SOLICITANTES DE TIEMPO DE LABORATORIO:

CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS	E-MAIL @ucatolica.edu.co	TELÉFONO
506063	Fernando Castiblanco Rodríguez	fcastiblanco63@ucatolica.edu.co	3146667162
505826	Henry Torres Varquez	htorres26@ucatolica.edu.co	3209882765

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDAD(ES) POR TIEMPO DE LABORATORIO SOLICITADO:

ID	HORARIO IDEAL			HORARIO OPCIONAL			ESPACIO SOLICITADO <sup>(2)</sup> (A-B-C-D-E)	ENSAYO(S) A REALIZAR EN CADA LAPSO
	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO <sup>(1)</sup> (HH:MM)	HORA FIN <sup>(1)</sup> (HH:MM)	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO <sup>(1)</sup> (HH:MM)	HORA FIN <sup>(1)</sup> (HH:MM)		
1	03/04/14	16:00	18:00	05/04/14	16:00	18:00	C	
2								
3								
4								
5								

(1) Cada lapso solicitado será máximo de 2 HORAS por día. Por favor, asistir con puntualidad para mayor optimización del tiempo.

(2) A) Mecánica de suelos. B) Concretos. C) Mecánica de Sólidos. D) Análisis de agua. E) Hidráulica

MATERIALES /EQUIPOS/ INSUMOS A USAR	UND	CANT	A CARGO:	
			LAB	USU
Máquina de Compresión		1	X	
Guadua				X

OBSERVACIONES

Entiendo que debo diligenciar completamente esta solicitud y que su aprobación me obliga a cumplir a cabalidad con el "Reglamento de los laboratorios" de la FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA y a acatar las órdenes que se impartan por parte del personal docente y administrativo. Los elementos de protección personal serán de mi propiedad. También me comprometo con el uso eficiente del horario asignado: asistir, informar la no asistencia (por lo menos con un día hábil de anticipación).

FIRMAS

Henry Torres-V SOLICITANTE 1 Fernando Castiblanco SOLICITANTE 2  SOLICITANTE 3  
 SOLICITANTE 4 Quirine SOLICITANTE 5  
 DOCENTE / TUTOR ENCARGADO  COORDINADOR DE LABORATORIOS

Recuerde enviar la imagen del formato totalmente diligenciado a [labscivil@ucatolica.edu.co](mailto:labscivil@ucatolica.edu.co)

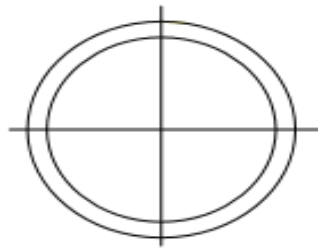
# **CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH**



Fecha:	16/09/2019	MUESTRA:	M-01
Origen:	QUINDIO		
Ensayo a realizar:	HUMEDAD		

Esquema del corte: Dimensiones en mm

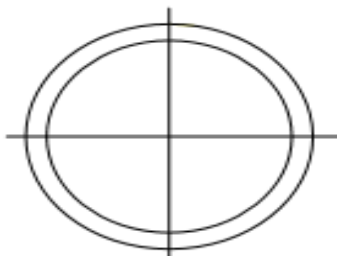
Probeta:	Con nudo	Sin nudo
Alturas(mm):	300	
	302	
	300	



Espesor	
E21=	16,16
E22=	15,03
E23=	17,1
E24=	16,76

Diametros	
D21=	146,55
D22=	144,97

Dirección de crecimiento de la guadua



Espesor	
E11=	13,3
E12=	14,35
E13=	14,8
E14=	14,62

Diametros	
D11=	145,88
D12=	142,96



Esquema o foto

Elaboro:

Henry Torres Vasquez  
Fernando Castiblanco Rodriguez



# CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

Fecha: 16/09/2019 MUESTRA: M-02

Origen: QUINDIO

Ensayo a realizar: HUMEDAD

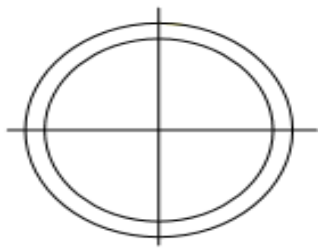
Esquema del corte: Dimensiones en mm

Probeta: Con nudo Sin nudo

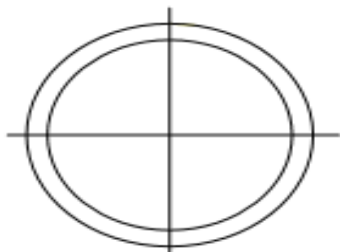
Alturas(mm): 299

299

299



Dirección de crecimiento de la guadua



## Espesor

E21= 15,48

E22= 15,71

E23= 17,62

E24= 16,74

## Diametros

D21= 146,04

D22= 145,63

## Espesor

E11= 14,43

E12= 14,54

E13= 15,5

E14= 14,99

## Diametros

D11= 143,96

D12= 146,9



Esquema o foto 130

Elaboro:

Henry Torres Vasquez

Fernando Castiblanco Rodriguez



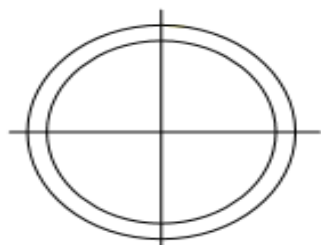
# CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

Fecha:	16/09/2019	MUESTRA:	M-03
Origen:	QUINDIO		
Ensayo a realizar:	HUMEDAD		



Esquema del corte: Dimensiones en mm

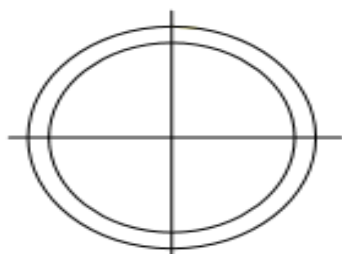
Probeta:	Con nudo	Sin nudo
Alturas(mm):	302	
	304	
	304	



Espesor	
E21=	15,92
E22=	13,92
E23=	15,59
E24=	14,35

Diametros	
D21=	145,59
D22=	141,87

Dirección de crecimiento de la guadua



Espesor	
E11=	17,59
E12=	16,82
E13=	16,87
E14=	16,87

Diametros	
D11=	143,1
D12=	144,76



Esquema o foto

Elaboro:	Henry Torres Vasques
	Fernando Castiblanco Rodriguez

# CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

Fecha: 16/09/2019 MUESTRA: M-04

Origen: QUINDIO

Ensayo a realizar: HUMEDAD

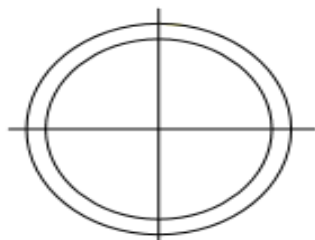
Esquema del corte: Dimensiones en mm

Probeta: Con nudo Sin nudo

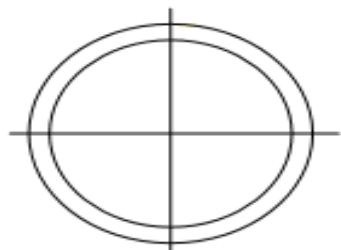
Alturas(mm): 302

303

300



Dirección de crecimiento de la guadua



## Espesor

E21= 19,5

E22= 19,41

E23= 17,34

E24= 20,00

## Diametros

D21= 146,45

D22= 150,97

## Espesor

E11= 18,4

E12= 18,39

E13= 19,64

E14= 19,37

## Diametros

D11= 147

D12= 151,56



Esquema o foto

Henry Torres Vasquez

Fernando Castiblanco Rodriguez

Elaboro:



# CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

Fecha: 16/09/2019 MUESTRA: M-05

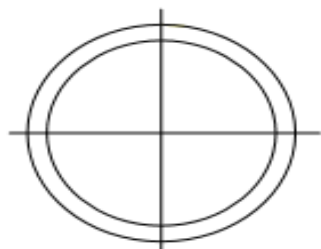
Origen: QUINDIO

Ensayo a realizar: HUMEDAD

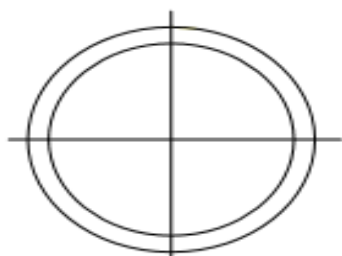
Esquema del corte: Dimensiones en mm

Probeta: Con nudo Sin nudo

Alturas(mm):  
285  
285  
287



Dirección de  
crecimiento de la  
guadua



## Espesor

E21=	15,8
E22=	16,11
E23=	15,66
E24=	16,21

## Diametros

D21=	153,79
D22=	149,24

## Espesor

E11=	16,37
E12=	16,4
E13=	15
E14=	14,68

## Diametros

D11=	149,14
D12=	154,75



133  
Esquema o foto

Elaboro:

Henry Torres Vasquez  
Fernando Castiblanco Rodriguez

# **CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH**

Fecha: 16/09/2019 MUESTRA: M-06

Origen: QUINDIO

Ensayo a realizar: HUMEDAD

Esquema del corte: Dimensiones en mm

Probeta: Con nudo Sin nudo

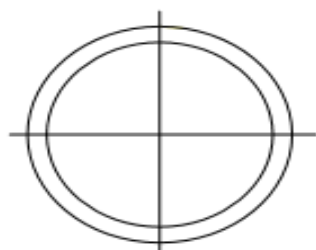
Alturas(mm): 302

302

305



**U CATÓLICA**  
de Colombia



## **Espesor**

E21= 17,54

E22= 16,58

E23= 18,33

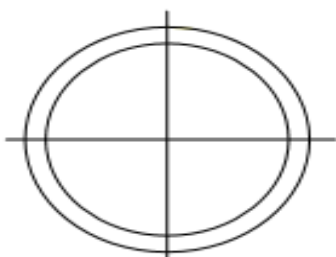
E24= 19,74

## **Diametros**

D21= 153,19

D22= 152,07

Dirección de  
crecimiento de la  
guadua



## **Espesor**

E11= 20,24

E12= 17,9

E13= 20,14

E14= 19,87

## **Diametros**

D11= 154,33

D12= 154,81



134

Esquema o foto

Elaboro:

Henry Torres Vasquez

Fernando Castiblanco Rodriguez

# CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH



U CATÓLICA  
de Colombia

Fecha: 16/09/2019 MUESTRA: M-07

Origen: QUINDIO

Ensayo a realizar: HUMEDAD

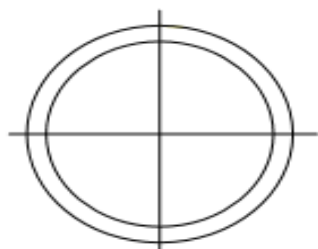
Esquema del corte: Dimensiones en mm

Probeta: Con nudo Sin nudo

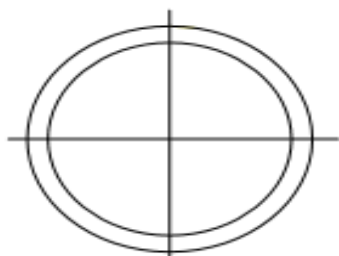
Alturas(mm): 300

301

299



Dirección de  
crecimiento de la  
guadua



## Espesor

E21= 9,1

E22= 9,73

E23= 9,01

E24= 8,63

## Diametros

D21= 101,72

D22= 101,56

## Espesor

E11= 10,88

E12= 11,25

E13= 10,69

E14= 10,74

## Diametros

D11= 101,74

D12= 102,02



135  
Esquema o foto

Elaboro:

Henry Torres Vasquez

Fernando Castiblanco Rodriguez

# **CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH**

Fecha: 16/09/2019 MUESTRA: M-08

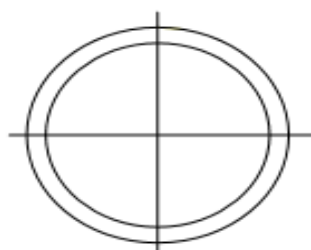
Origen: QUINDIO

Ensayo a realizar: HUMEDAD

Esquema del corte: Dimensiones en mm

Probeta: Con nudo Sin nudo

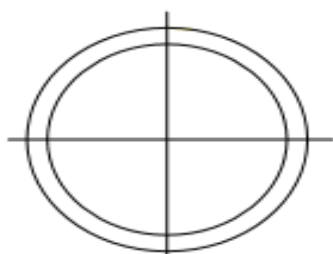
Alturas(mm): 300  
300  
300



Espesor	
E21=	9,72
E22=	9,33
E23=	9,62
E24=	9,99

Diametros	
D21=	98,96
D22=	100,19

Dirección de crecimiento de la guadua



Espesor	
E11=	10,73
E12=	10,22
E13=	10,32
E14=	10,83

Diametros	
D11=	99,6
D12=	99,08



136  
Esquema o foto

Elaboro:

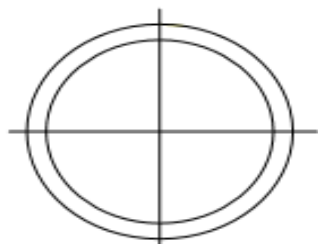
Henry Torres Vasquez  
Fernando Castiblanco Rodriguez

# CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

Fecha: 16/09/2019 MUESTRA: M-09  
Origen: QUINDIO  
Ensayo a realizar: HUMEDAD

Esquema del corte: Dimensiones en mm

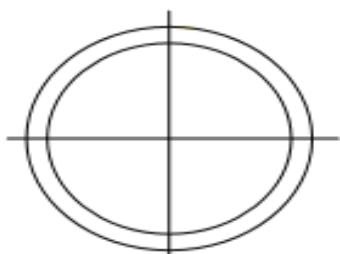
Probeta:	Con nudo	Sin nudo
Alturas(mm):	302	
	304	
	307	



Espesor	
E21=	12,19
E22=	13,7
E23=	15,97
E24=	13,19

Diametros	
D21=	109,4
	107,71
D22=	

Dirección de crecimiento de la guadua



Espesor	
E11=	11,93
E12=	12,58
E13=	13,84
E14=	12,53

Diametros	
D11=	111,6
D12=	110,17



Esquema o foto

Elaboro: Henry Torres Vasquez  
Fernando Castiblanco Rodriguez

# CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

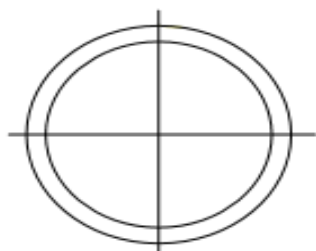
Fecha: 16/09/2019 MUESTRA: M-10  
 Origen: QUINDIO  
 Ensayo a realizar: HUMEDAD



Esquema del corte: Dimensiones en mm

Probeta: Con nudo Sin nudo

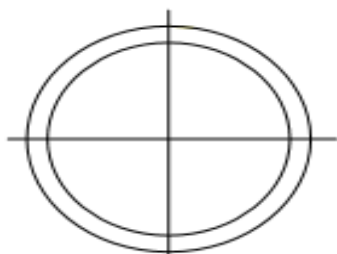
Alturas(mm): 312  
 309  
 307



**Espesor**  
 E21= 9,42  
 E22= 9,87  
 E23= 9,43  
 E24= 9,8

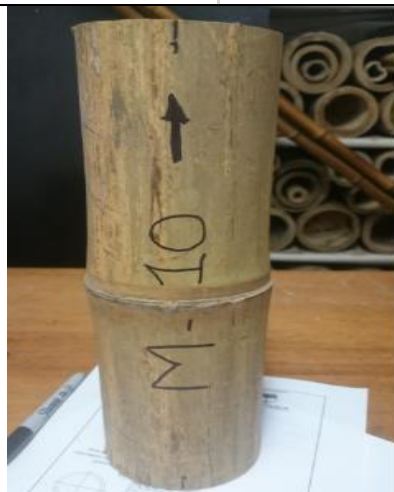
**Diametros**  
 D21= 98,06  
 D22= 98,8

Dirección de  
 crecimiento de la  
 guadua



**Espesor**  
 E11= 9,05  
 E12= 10,04  
 E13= 9,57  
 E14= 8,95

**Diametros**  
 D11= 98,7  
 D12= 102,48



138  
 Esquema o foto

Elaboro:

Henry Torres Vasquez  
 Fernando Castiblanco Rodriguez

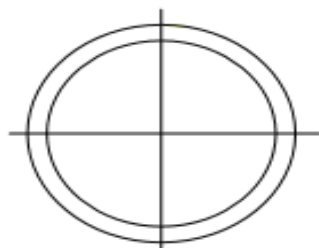
# **CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH**



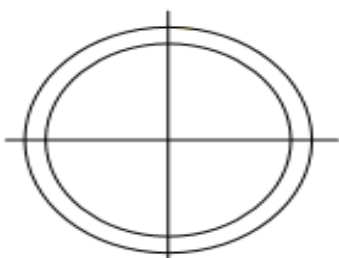
Fecha:	16/09/2019	MUESTRA:	M-11
Origen:	QUINDIO		
Ensayo a realizar:	HUMEDAD		

Esquema del corte: Dimensiones en mm

Probeta:	Con nudo	Sin nudo
Alturas(mm):	303	
	304	
	301	



Dirección de  
crecimiento de la  
guadua



## **Espesor**

E21= 10,28

E22= 11,4

E23= 10,64

E24= 10,16

## **Diametros**

D21= 102,32

D22= 99,15

## **Espesor**

E11= 9,71

E12= 10,86

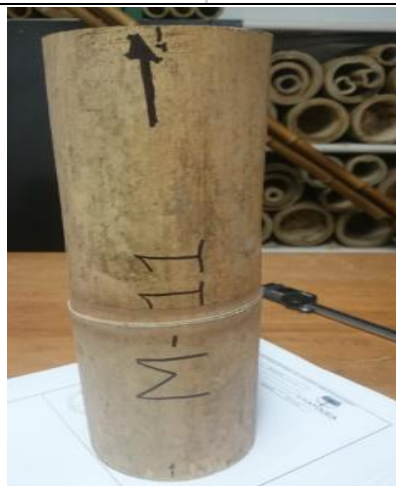
E13= 11

E14= 10,65

## **Diametros**

D11= 101,48

D12= 100



139  
Esquema o foto

Elaboro:

Henry Torres Vasquez

Fernando Castiblanco Rodriguez

# CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

Fecha: 16/09/2019 MUESTRA: M-12

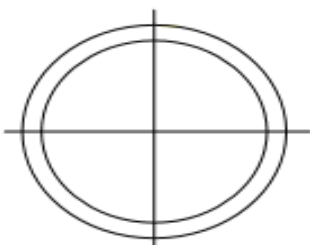
Origen: QUINDIO

Ensayo a realizar: HUMEDAD

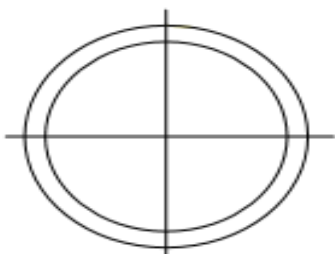
Esquema del corte: Dimensiones en mm

Probeta: Con nudo Sin nudo

Alturas(mm):  
300  
300  
299



Dirección de  
crecimiento de la  
guadua



## Espesor

E21= 9,27  
E22= 9,7  
E23= 9,08  
E24= 8,96

## Diametros

D21= 106,32  
D22= 100,46

## Espesor

E11= 9,25  
E12= 9,73  
E13= 11,17  
E14= 9,12

## Diametros

D11= 106,01  
D12= 101,13



U CATÓLICA  
de Colombia



Esquema o Foto

Elaboro:

Henry Torres Vasquez

Fernando Castiblanco Rodriguez



# CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

Fecha: 16/09/2019 MUESTRA: M-13

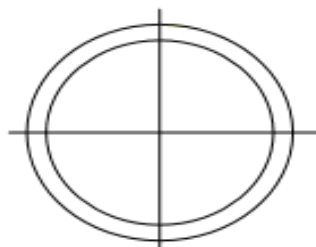
Origen: QUINDIO

Ensayo a realizar: HUMEDAD

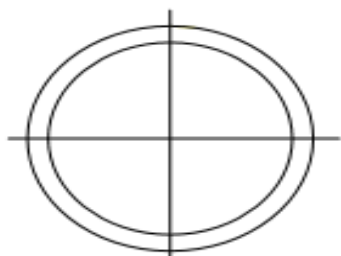
Esquema del corte: Dimensiones en mm

Probeta: Con nudo Sin nudo

Alturas(mm):  
299  
300  
301



Dirección de  
crecimiento de la  
guadua



## Espesor

E21=	5,76
E22=	6,49
E23=	6
E24=	5,79

## Diametros

D21=	54,05
D22=	49,9

## Espesor

E11=	8,6
E12=	8,82
E13=	7,8
E14=	7,9

## Diametros

D11=	52,96
D12=	45,52



141  
Esquema o foto

Elaboro:

Henry Torres Vasquez

Fernando Castiblanco Rodriguez

# CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

Fecha: 16/09/2019 MUESTRA: M-14

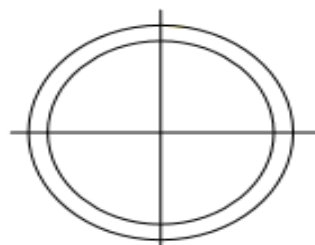
Origen: QUINDIO

Ensayo a realizar: HUMEDAD

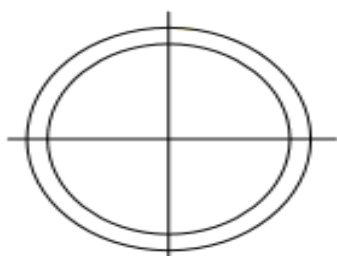
Esquema del corte: Dimensiones en mm

Probeta: Con nudo Sin nudo

Alturas(mm):  
304  
303  
302



Dirección de  
crecimiento de la  
guadua



## Espesor

E21=	6,16
E22=	6,59
E23=	6,82
E24=	5,9

## Diametros

D21=	47,48
D22=	50,68

## Espesor

E11=	8,07
E12=	8,34
E13=	7,56
E14=	8,05

## Diametros

D11=	53,02
D12=	52,82



U CATÓLICA  
de Colombia



Esquema o foto<sup>142</sup>

Elaboro:

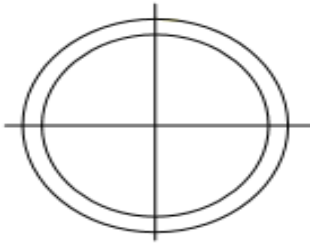
Henry Torres Vasquez  
Fernando Castiblanco Rodriguez

# **CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH**

Fecha:	16/09/2019	MUESTRA:	M-15
Origen:	QUINDIO		
Ensayo a realizar:	HUMEDAD		
Esquema del corte: Dimensiones en mm			



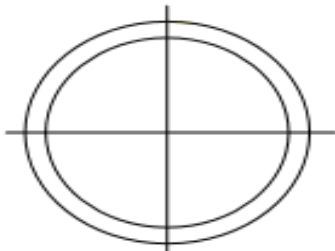
Probeta:	Con nudo	Sin nudo
Alturas(mm):	301	
	303	
	300	



Espesor	
E21=	9,46
E22=	9,14
E23=	8,77
E24=	9,68

Diametros	
D21=	56,87
D22=	56,01

Dirección de crecimiento de la guadua



Espesor	
E11=	10,71
E12=	11,54
E13=	11,13
E14=	11,31

Diametros	
D11=	59,2
D12=	61,63



Esquema o foto

Elaboro:

Henry Torres Vasquez

Fernando Castiblanco Rodriguez

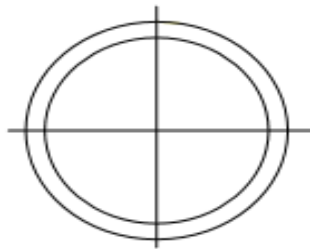
# CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

Fecha: 16/09/2019 MUESTRA: M-16  
 Origen: QUINDIO  
 Ensayo a realizar: HUMEDAD



Esquema del corte: Dimensiones en mm

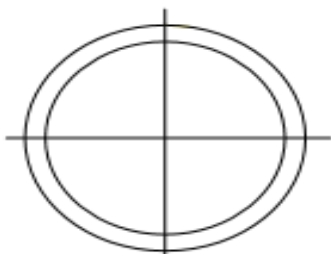
Probeta:	Con nudo	Sin nudo
Alturas(mm):	301	
	300	
	300	



Espesor	
E21=	4,72
E22=	4,78
E23=	6,05
E24=	5,42

Diametros	
D21=	53,54
D22=	53,23

Dirección de crecimiento de la guadua



Espesor	
E11=	5,15
E12=	4,84
E13=	5,94
E14=	6,26

Diametros	
D11=	52,58
D12=	54,53



144  
Esquema o foto

Elaboro:

Henry Torres Vasquez  
 Fernando Castiblanco Rodriguez

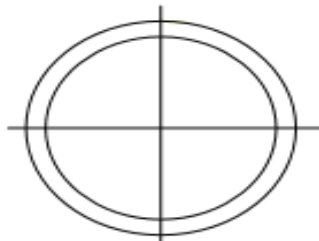
# CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

Fecha:	16/09/2019	MUESTRA:	M-17
Origen:	QUINDIO		
Ensayo a realizar:	HUMEDAD		

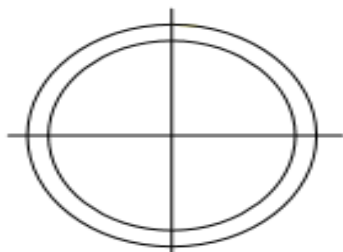


Esquema del corte: Dimensiones en mm

Probeta:	Con nudo	Sin nudo
Alturas(mm):	304	
	302	
	301	



Dirección de  
crecimiento de la  
guadua



## Espesor

E21= 6,66

E22= 6,76

E23= 6,88

E24= 7,07

## Diametros

D21= 56,19

D22= 53,03

## Espesor

E11= 6,2

E12= 6,16

E13= 6,17

E14= 5,89

## Diametros

D11= 53,38

D12= 55,72



Esquema o foto

Henry Torres Vasquez

Fernando Castiblanco Rodriguez

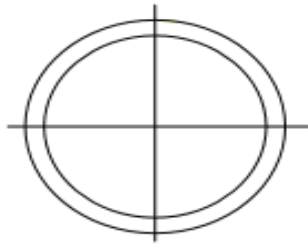
Elaboro:

# CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

Fecha:	16/09/2019	MUESTRA:	M-18
Origen:	QUINDIO		
Ensayo a realizar: HUMEDAD			
Esquema del corte: Dimensiones en mm			



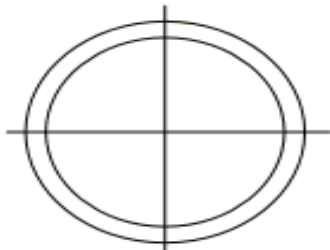
Probeta:	Con nudo	Sin nudo
Alturas(mm):	294	
	296	
	299	



Espesor	
E21=	6,66
E22=	6,52
E23=	6,24
E24=	6,45

Diametros	
D21=	54,63
D22=	56,33

Dirección de crecimiento de la guadua



Espesor	
E11=	6,41
E12=	6,18
E13=	5,94
E14=	6,66

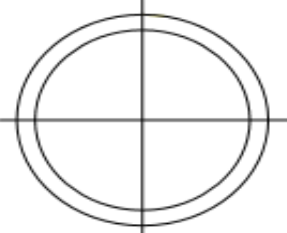

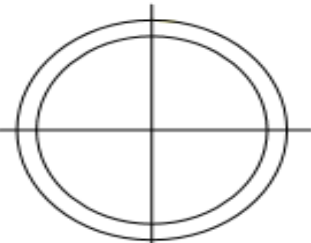
Diametros	
D11=	58,5
D12=	58,47


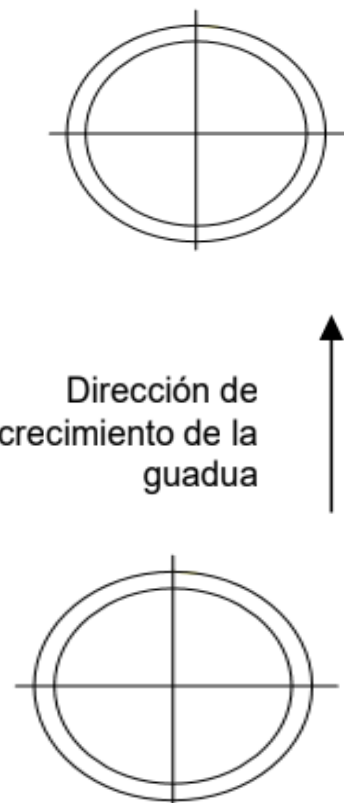


Esquema o foto


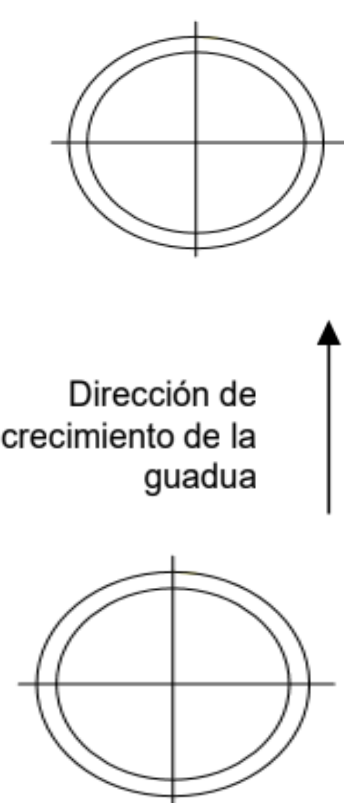
Henry Torres Vasquez


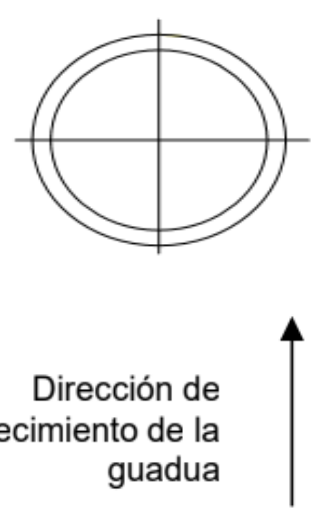
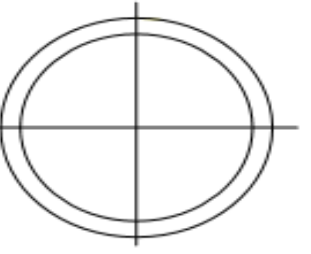
Fernando Castiblanco Rodriguez

CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH				
Fecha:	03/09/2019	MUESTRA:	N° 1	
Origen:	Quindio			
Ensayo a realizar:	COMPRESIÓN			
Esquema del corte:	Dimensiones en mm			
Probeta:	Con Nudo	Sin Nudo		
Alturas(mm):	306			
	304			
	304			
 Dirección de crecimiento de la guadua  	Espesor (mm)			
	E21=	9,89	Prom	
	E22=	9,45	9,6125	
	E23=	9,12		
	E24=	9,99		
	Diametro Ext		Diametro Int	
	D21=	99,12	89,5075	
	D22=	98,91	89,2975	
		99,015	89,4025	
	Espesor (mm)			
E11=	9,67	Prom		
E12=	10,11	9,6		
E13=	9,61			
E14=	9,01			
Diametro Ext		Diametro Int		
D11=	99,65	90,05		
D12=	101,54	91,94		
	100,595	90,995		
	Valor usado Ext	99,805	Valor usado Int	90,19875
Esquema o foto 147 Henry Torres Vasquez Fernando Castiblanco Rodriguez				

CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH					
Fecha:	03/09/2019	MUESTRA:	N°2		
Origen:	Quindio				
Ensayo a realizar: COMPRESIÓN					
Esquema del corte: Dimensiones en mm					
Probeta:	Con Nudo	Sin Nudo			
Alturas(mm):	306				
	305				
	306				
 <p>Dirección de crecimiento de la guadua</p>		Espesor (mm)			
		E21=	10,31	Prom	
		E22=	10,42	10,27	
		E23=	10,01		
		E24=	10,34		
		Diametro Ext			Diametro Int
		D21=	101,9		91,63
		D22=	99,23		88,96
			100,565		90,295
				Espesor (mm)	
E11=	9,56			Prom	
E12=	9,99			10,3	
E13=	10,89				
E14=	10,76				
Diametro Ext					Diametro Int
D11=	101,54				91,24
D12=	100,11				89,81
	100,825				90,525
	Valor usado Ext			100,695	Valor usado Int
<p>Esquema o foto</p>					
Elaboro:	<div>Henry Torres Vasquez</div> <div>Fernando Castiblanco Rodriguez</div>				



CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH				
Fecha:	03/09/2019	MUESTRA:	Nº3	
Origen:	Quindio			
Ensayo a realizar: COMPRESIÓN				
Esquema del corte: Dimensiones en mm				
Probeta:	Con Nudo	Sin Nudo		
Alturas(mm):	306			
	304			
	305			
	Espesor (mm)			
	E21=	9,31	Prom	
	E22=	9,1	9,415	
	E23=	9,29		
	E24=	9,96		
	Diametro Ext			Diametro Int
	D21=	104,32		94,905
	D22=	101,52		92,105
		102,92		93,505
	Espesor (mm)			
	E11=	9,31	Prom	
	E12=	9,11	9,6375	
	E13=	10,01		
	E14=	10,12		
Diametro Ext			Diametro Int	
D11=	105,1		95,4625	
D12=	102,01		92,3725	
	103,555		93,9175	
	<b>Valor usado Ext</b>	103,2375	<b>Valor usado Int</b>	93,71125
Esquema o foto 149 Henry Torres Vasquez Fernando Castiblanco Rodriguez				
Elaboro:				

CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH				
Fecha:	03/09/2019	MUESTRA:	N° 4	
Origen:	Quindio			
Ensayo a realizar: COMPRESIÓN				
Esquema del corte: Dimensiones en mm				
Probeta:	Con Nudo	Sin Nudo		
Alturas(mm):	301			
	302			
	301			
 <p>Dirección de crecimiento de la guadua</p>	Espesor (mm)			
	E21=	9,2	Prom	
	E22=	9,3	9,1375	
	E23=	9,01		
	E24=	9,04		
	Diametro Ext		Diametro Int	
	D21=	100,81	91,6725	
	D22=	102,13	92,9925	
		101,47	92,3325	
		Espesor (mm)		
E11=		10,12	Prom	
E12=		10,15	10,1175	
E13=		10,11		
E14=		10,09		
Diametro Ext		Diametro Int		
D11=		101,31	91,1925	
D12=		101,12	91,0025	
		101,215	91,0975	
		<b>Valor usado Ext</b>	101,3425	<b>Valor usado Int</b>
Esquema o foto				
Elaboro:	<div>Henry Torres Vasquez</div> <div>Fernando Castiblanco Rodriguez</div>			

# **CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH**

Fecha: 03/09/2019 MUESTRA: N°5

Origen: Quindio

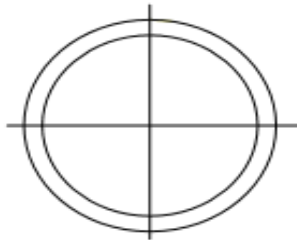
Ensayo a realizar: COMPRESIÓN



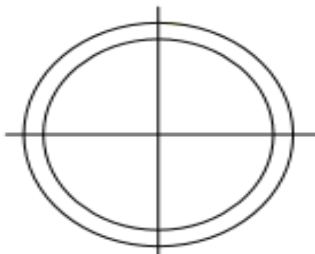
Esquema del corte: Dimensiones en mm

Probeta: Con Nudo Sin Nudo

Alturas(mm): 300  
299  
300



Dirección de crecimiento de la guadua



Espesor (mm)

E21=	13,2	Prom
E22=	11,7	12,9875
E23=	13,2	
E24=	13,85	

Diametro Ext

D21=	108,5
D22=	107,9
	108,2

Diametro Int

95,5125
94,9125
95,2125

Espesor (mm)

E11=	11,93	Prom
E12=	12,58	12,72
E13=	13,84	
E14=	12,53	

Diametro Ext

D11=	111,6
D12=	110,17
	110,885

Diametro Int

98,88
97,45
98,165

Valor usado Ext

109,5425

Valor usado Int

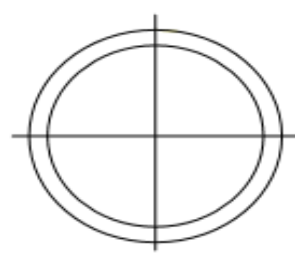
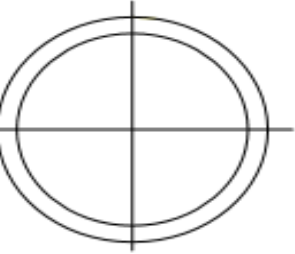
96,68875


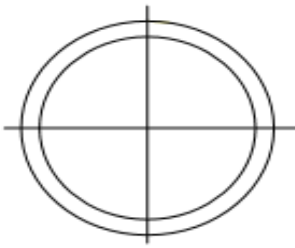
Esquema o foto


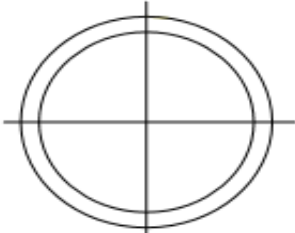
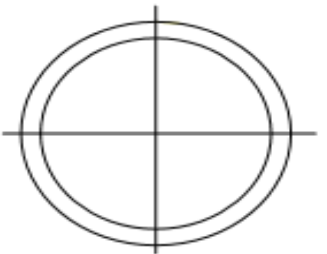
Henry Torres Vasquez

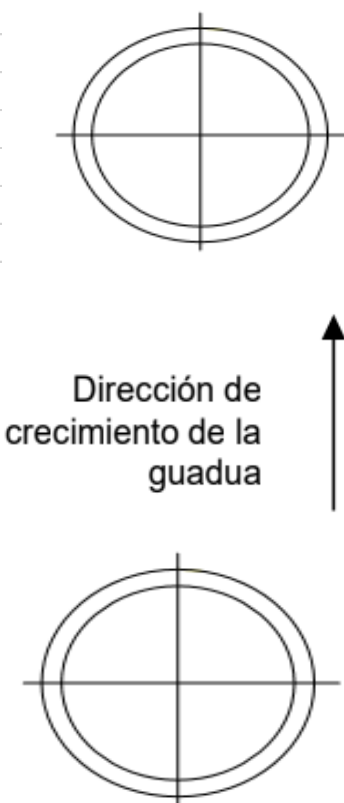
Elaboro:

Fernando Castiblanco Rodriguez

CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH			
Fecha:	03/09/2019	MUESTRA:	N°6
Origen:	Quindio		
Ensayo a realizar: COMPRESIÓN			
Esquema del corte: Dimensiones en mm			
Probeta:	Con Nudo	Sin Nudo	
Alturas(mm):			
	301		
	300		
	300		
 <p>Dirección de crecimiento de la guadua</p> 	Espesor (mm)		
	E21=	9,87	Prom
	E22=	9,56	9,4625
	E23=	9,31	
	E24=	9,11	
	Diametro Ext		Diametro Int
	D21=	98,11	88,6475
	D22=	99,91	90,4475
		99,01	89,5475
	Espesor (mm)		
E11=	10,8	Prom	
E12=	10,11	10,365	
E13=	10,54		
E14=	10,01		
Diametro Ext		Diametro Int	
D11=	99,71	89,345	
D12=	99,13	88,765	
	99,42	89,055	
<b>Valor usado Ext</b>		99,215	<b>Valor usado Int</b> 89,30125
<div style="text-align: center;"> Esquema o foto  152  Henry Torres Vasquez </div>			
Elaboro:	Fernando Castiblanco Rodriguez		

CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH					
Fecha:	03/09/2019	MUESTRA:	N°8	 <b>U CATÓLICA</b> de Colombia	
Origen:	Quindio				
Ensayo a realizar: COMPRESIÓN					
Esquema del corte: Dimensiones en mm					
Probeta:	Con Nudo	Sin Nudo			
Alturas(mm):	301				
	300				
	300				
 Dirección de crecimiento de la guadua	Espesor (mm)				
	E21=	6,12	Prom		
	E22=	6,21	6,08		
	E23=	6,01			
	E24=	5,98			
	Diametro Ext			Diametro Int	
	D21=	55,11		49,03	
	D22=	53,1		47,02	
		54,105		48,025	
	Espesor (mm)				
E11=	6,01	Prom			
E12=	6,81	6,71			
E13=	6,9				
E14=	7,12				
Diametro Ext			Diametro Int		
D11=	54,21		47,5		
D12=	52,11		45,4		
	53,16		46,45		
	<b>Valor usado Ext</b>	53,6325	<b>Valor usado Int</b>	47,2375	
Esquema o foto					
Elaboro:	Henry Torres Vasquez				
	Fernando Castiblanco Rodriguez				

CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH					
Fecha:	03/09/2019	MUESTRA:	N°9		
Origen:	Quindío				
Ensayo a realizar: COMPRESIÓN					
Esquema del corte: Dimensiones en mm					
Probeta:	Con Nudo	Sin Nudo			
Alturas(mm):	305				
	303				
	303				
 <p>Dirección de crecimiento de la guadua</p> 	Espesor (mm)				
	E21=	6,53	Prom		
	E22=	6,21	6,2175		
	E23=	5,99			
	E24=	6,14			
	Diametro Ext				Diametro Int
	D21=	58,02			51,8025
	D22=	58,45			52,2325
		58,235			52,0175
	Espesor (mm)				
E11=	6,12	Prom			
E12=	6,68	6,405			
E13=	6,04				
E14=	6,78				
Diametro Ext				Diametro Int	
D11=	55,12			48,715	
D12=	58,33			51,925	
	56,725			50,32	
	<b>Valor usado Ext</b>	57,48	<b>Valor usado Int</b>	51,16875	
Esquema o foto 154 Henry Torres Vasquez Fernando Castiblanco Rodriguez					

CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH				
Fecha:	03/09/2019	MUESTRA:	N°10	
Origen:	Quindio			
Ensayo a realizar:		COMPRESIÓN		
Esquema del corte: Dimensiones en mm				
Probeta:	Con Nudo	Sin Nudo		
Alturas(mm):	300			
	298			
	299			
	Espesor (mm)			
	E21=	9	Prom	
	E22=	9,41	9,1275	
	E23=	8,99		
	E24=	9,11		
	Diametro Ext		Diametro Int	
	D21=	57,87		48,7425
	D22=	58,11		48,9825
		57,99		48,8625
	Espesor (mm)			
	E11=	11,71	Prom	
	E12=	11,11	11,2125	
	E13=	11,01		
	E14=	11,02		
	Diametro Ext		Diametro Int	
D11=	59,13		47,9175	
D12=	61,09		49,8775	
	60,11		48,8975	
Valor usado Ext		59,05	Valor usado Int	48,88
Esquema o foto				
Elaboro:	Henry Torres Vasquez			
	Fernando Castiblanco Rodriguez			



# CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

Fecha: 03/09/2019 MUESTRA: N°11

Origen: Quindio

Ensayo a realizar: COMPRESIÓN



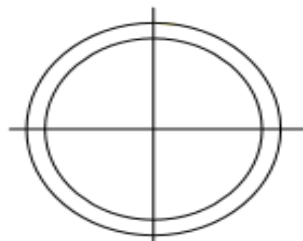
Esquema del corte: Dimensiones en mm

Probeta: Con Nudo Sin Nudo

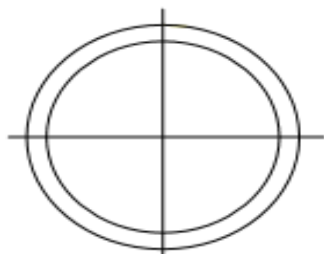
Alturas(mm): 305

307

304



Dirección de crecimiento de la guadua



Espesor (mm)

E21=	8,1	Prom
E22=	8,29	8,12
E23=	7,98	
E24=	8,11	

Diametro Ext

D21=	52,11
D22=	53,19
	52,65

Diametro Int

43,99
45,07
44,53

Espesor (mm)

E11=	6,89	Prom
E12=	6,1	6,295
E13=	6,2	
E14=	5,99	

Diametro Ext

D11=	48,02
D12=	51,1
	49,56

Diametro Int

41,725
44,805
43,265

Valor usado Ext

51,105

Valor usado Int

43,8975


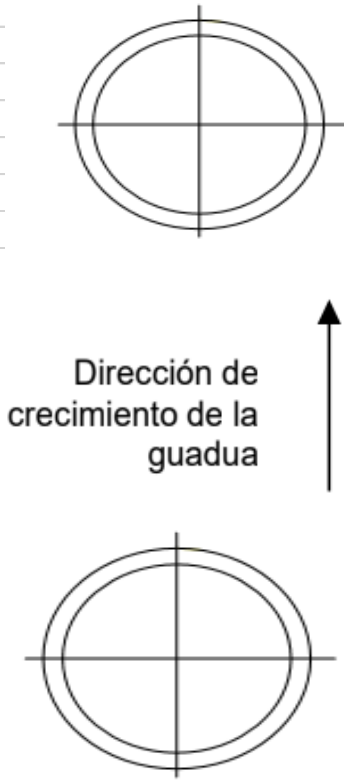
Esquema o foto


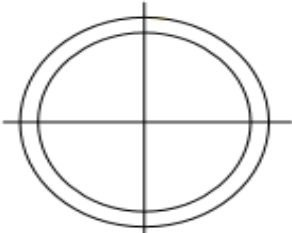
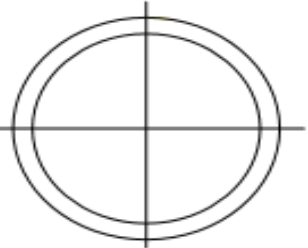
Elaboro:

Henry Torres Vasquez


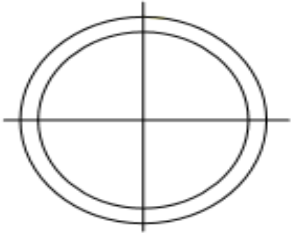
Fernando Castiblanco Rodriguez


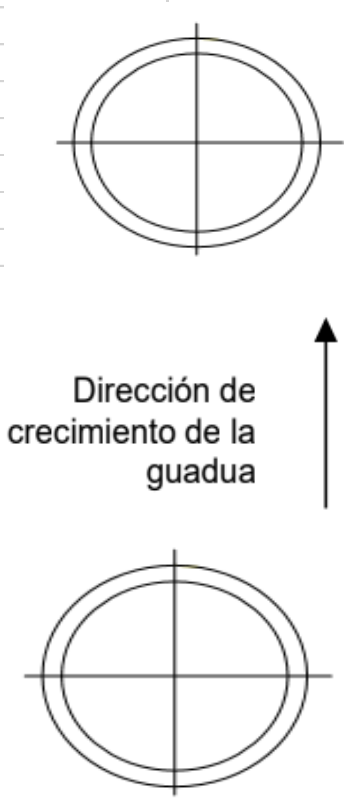
CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH					
Fecha:	03/09/2019	MUESTRA:	N°12		
Origen:	Quindio				
Ensayo a realizar:	COMPRESIÓN				
Esquema del corte: Dimensiones en mm					
Probeta:	Con Nudo	Sin Nudo			
Alturas(mm):	300				
	299				
	302				
		Espesor (mm)			
		E21=	8,76	Prom	
		E22=	8,1	7,915	
		E23=	7,7		
		E24=	7,1		
		Diametro Ext		Diametro Int	
		D21=	50,96	43,045	
		D22=	48,76	40,845	
			49,86	41,945	
		Espesor (mm)			
E11=	5,7	Prom			
E12=	6,51	6,0125			
E13=	6,01				
E14=	5,83				
Diametro Ext		Diametro Int			
D11=	53,09	47,0775			
D12=	47,9	41,8875			
	50,495	44,4825			
<b>Valor usado Ext</b>		50,1775	<b>Valor usado Int</b>	43,21375	
<div style="text-align: center;">Esquema o foto</div> <div style="text-align: center;">157</div>					
Elaboro:	<div style="text-align: center;">Henry Torres Vasquez</div> <div style="text-align: center;">Fernando Castiblanco Rodriguez</div>				

CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH				
Fecha:	03/09/2019	MUESTRA:	N°13	
Origen:	Quindio			
Ensayo a realizar: COMPRESIÓN				
Esquema del corte: Dimensiones en mm				
Probeta:	Con Nudo	Sin Nudo		
Alturas(mm):	304			
	306			
	305			
	Espesor (mm)			
	E21=	13,41	Prom	
	E22=	14,29	14,3425	
	E23=	14,69		
	E24=	14,98		
	Diametro Ext			Diametro Int
	D21=	145,92		131,5775
	D22=	142,87		128,5275
		144,395		130,0525
	Espesor (mm)			
E11=	16,31	Prom		
E12=	15,11	16,3175		
E13=	17,21			
E14=	16,64			
Diametro Ext			Diametro Int	
D11=	146,12		129,8025	
D12=	143,11		126,7925	
	144,615		128,2975	
	<b>Valor usado Ext</b>	144,505	<b>Valor usado Int</b>	129,175
Esquema o foto				
Elaboro:	Henry Torres Vasquez			
	Fernando Castiblanco Rodriguez			

CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH					
Fecha:	03/09/2019	MUESTRA:	N°14	 <b>U CATÓLICA</b> de Colombia	
Origen:	Quindio				
Ensayo a realizar: COMPRESIÓN					
Esquema del corte: Dimensiones en mm					
Probeta:	Con Nudo	Sin Nudo			
Alturas(mm):	299				
	302				
	300				
 Dirección de crecimiento de la guadua		Espesor (mm)			
		E21=	14,53	Prom	
		E22=	14,45	14,7975	
		E23=	15,34		
		E24=	14,87		
		Diametro Ext			Diametro Int
		D21=	144,96		130,1625
		D22=	145,9		131,1025
			145,43		130,6325
				Espesor (mm)	
E11=	15,1			Prom	
E12=	15,11			15,8875	
E13=	17,23				
E14=	16,11				
Diametro Ext					Diametro Int
D11=	145,01				129,1225
D12=	144,02				128,1325
	144,515				128,6275
	<b>Valor usado Ext</b>			144,9725	<b>Valor usado Int</b>
Esquema o foto					
Elaboro:	Henry Torres Vasquez Fernando Castiblanco Rodriguez				

**CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH**

Fecha:	03/09/2019	MUESTRA:	N°15	 <b>U CATÓLICA</b> de Colombia	
Origen:	Quindio				
Ensayo a realizar: COMPRESIÓN					
Esquema del corte: Dimensiones en mm					
Probeta:	Con Nudo	Sin Nudo			
Alturas(mm):	302				
	305				
	305				
 Dirección de crecimiento de la guadua	Espesor (mm)				
	E21=	15,99	Prom		
	E22=	14,01	14,9225		
	E23=	15,4			
	E24=	14,29			
	Diametro Ext			Diametro Int	
	D21=	145,21		130,2875	
	D22=	141,61		126,6875	
		143,41		128,4875	
	Espesor (mm)				
E11=	17,61	Prom			
E12=	16,34	16,6225			
E13=	16,11				
E14=	16,43				
Diametro Ext			Diametro Int		
D11=	143,24		126,6175		
D12=	144,34		127,7175		
	143,79		127,1675		
	<b>Valor usado Ext</b>	143,6	<b>Valor usado Int</b>	127,8275	
Esquema o foto Henry Torres Vasquez Fernando Castiblanco Rodriguez					

CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH				
Fecha:	03/09/2019	MUESTRA:	N°16	
Origen:	Quindio			
Ensayo a realizar: COMPRESIÓN				
Esquema del corte: Dimensiones en mm				
Probeta:	Con Nudo	Sin Nudo		
Alturas(mm):	306			
	305			
	305			
	Espesor (mm)			
	E21=	19,34	Prom	
	E22=	19,39	19,22	
	E23=	18,12		
	E24=	20,03		
	Diametro Ext			Diametro Int
	D21=	145,99		126,77
	D22=	151,21		131,99
		148,6		129,38
	Espesor (mm)			
E11=	18,39	Prom		
E12=	18,89	18,995		
E13=	19,12			
E14=	19,58			
Diametro Ext			Diametro Int	
D11=	147,56		128,565	
D12=	151,89		132,895	
	149,725		130,73	
	<b>Valor usado Ext</b>	149,1625	<b>Valor usado Int</b>	130,055
<p>Esquema o foto</p>				
Elaboro:	<div>Henry Torres Vasquez</div> <div>Fernando Castiblanco Rodriguez</div>			

# CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

Fecha: 03/09/2019 MUESTRA: N°17

Origen: Quindio

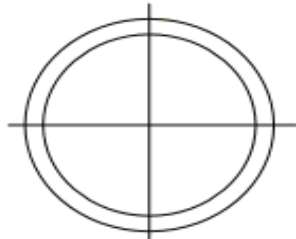


Ensayo a realizar: COMPRESIÓN

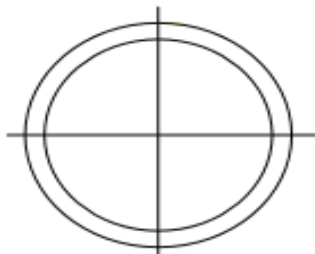
Esquema del corte: Dimensiones en mm

Probeta: Con Nudo Sin Nudo

Alturas(mm): 300  
299  
299



Dirección de crecimiento de la guadua



Espesor (mm)

E21=	16,41	Prom
E22=	16,29	15,61
E23=	15,03	
E24=	14,71	

Diametro Ext

D21=	150,11
D22=	153,03
	151,57

Diametro Int

134,5
137,42
135,96

Espesor (mm)

E11=	15,79	Prom
E12=	16,02	15,9875
E13=	15,91	
E14=	16,23	

Diametro Ext

D11=	152,12
D12=	140,24
	146,18

Diametro Int

136,1325
124,2525
130,1925

Valor usado Ext

148,875

Valor usado Int

133,07625


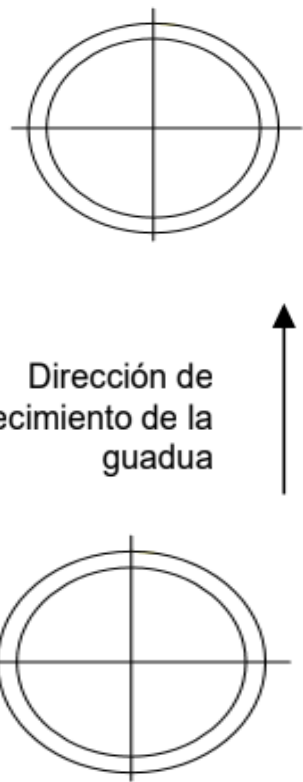
Esquema o foto

Henry Torres Vasquez

Elaboro:

Fernando Castiblanco Rodriguez



CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH				
Fecha:	03/09/2019	MUESTRA:	N°18	
Origen:	Quindio			
Ensayo a realizar: COMPRESIÓN				
Esquema del corte: Dimensiones en mm				
Probeta:	Con Nudo	Sin Nudo		
Alturas(mm):	305			
	305			
	305			
 <p>Dirección de crecimiento de la guadua</p>	Espesor (mm)			
	E21=	20,39	Prom	
	E22=	18,31	19,805	
	E23=	20,54		
	E24=	19,98		
	Diametro Ext			Diametro Int
	D21=	153,99		134,185
	D22=	153,81		134,005
		153,9		134,095
	Espesor (mm)			
E11=	18,12	Prom		
E12=	16,76	18,1575		
E13=	18,19			
E14=	19,56			
Diametro Ext			Diametro Int	
D11=	153,23		135,0725	
D12=	152,07		133,9125	
	152,65		134,4925	
Valor usado Ext		153,275	Valor usado Int	134,29375
Esquema o foto				
Elaboro:	Henry Torres Vasquez			
	Fernando Castiblanco Rodriguez			

# CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

Fecha: 17/10/2019 MUESTRA: M-01

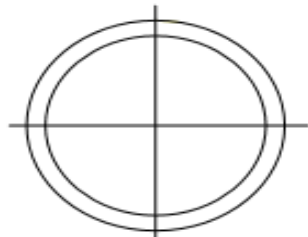
Origen:

Ensayo a realizar: COMPRESION

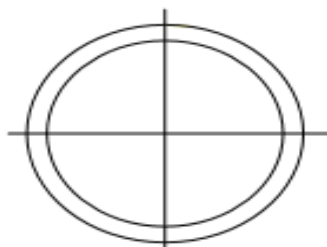
Esquema del corte: Dimensiones en mm

Probeta: Con nudo Sin nudo

Alturas(mm): 302  
301  
303



Dirección de crecimiento de la guadua



## Espesor

E21= 12,22  
E22= 12,81  
E23= 12,16  
E24= 12

## Diametros

D21= 95  
D22= 97,87

## Espesor

E11= 15,14  
E12= 15,3  
E13= 14,01  
E14= 14,64

## Diametros

D11= 101,14  
D12= 98,32



Elaboro:

Henry Torres Vasques  
Fernando Castiblanco Rodriguez

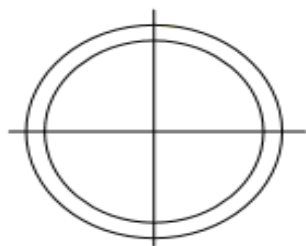
# **CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH**

Fecha:	17/10/2019	MUESTRA:	M-02
Origen:			
Ensayo a realizar:			



Esquema del corte: Dimensiones en mm

Probeta:	Con nudo	Sin nudo
Alturas(mm):	301	
	300	
	300	



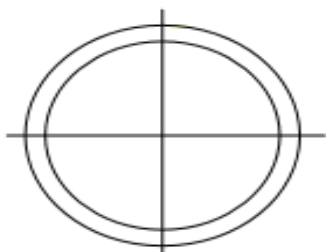
## **Espesor**

E21=	9,31
E22=	11,14
E23=	9,98
E24=	8,15

## **Diametros**

D21=	104,87
D22=	102,91

Dirección de  
crecimiento de la  
guadua

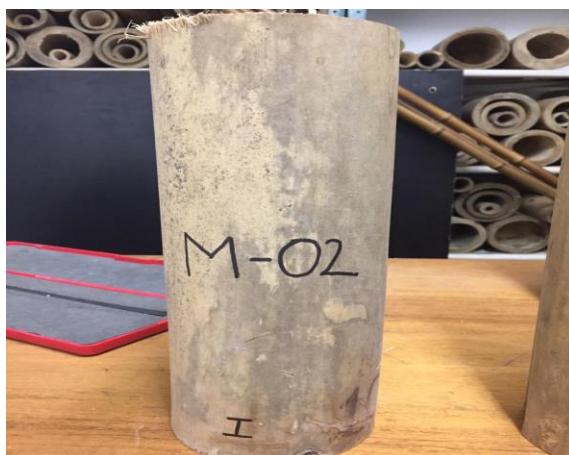


## **Espesor**

E11=	13,24
E12=	12,05
E13=	12,67
E14=	13,42

## **Diametros**

D11=	102,56
D12=	102,54



Elaboro:	Henry Torres Vasques
	Fernando Castiblanco Rodriguez

# CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

Fecha: 17/10/2019 MUESTRA: M-03

Origen:

Ensayo a realizar: COMPRESION

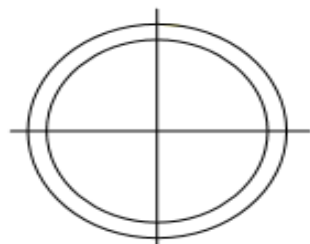
Esquema del corte: Dimensiones en mm

Probeta: Con nudo Sin nudo

Alturas(mm): 302

302

303



## Espesor

E21= 13,26

E22= 14,92

E23= 15,04

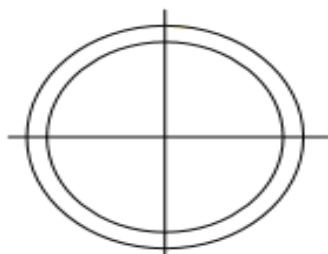
E24= 14,25

## Diametros

D21= 105,42

D22= 103,32

Dirección de  
crecimiento de la  
guadua



## Espesor

E11= 15,07

E12= 16,9

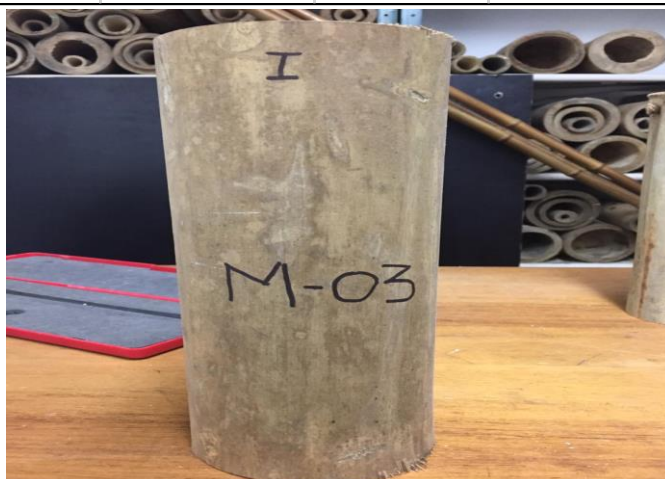
E13= 16,42

E14= 16,28

## Diametros

D11= 108,82

D12= 104,74



Elaboro:

Henry Torres Vasques

Fernando Castiblanco Rodriguez

# CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH



Fecha: 17/10/2019 MUESTRA: M-04

Origen:

Ensayo a realizar:

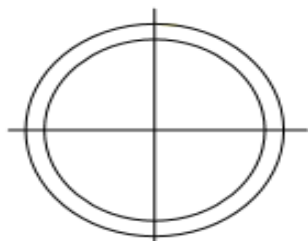
Esquema del corte: Dimensiones en mm

Probeta: Con nudo Sin nudo

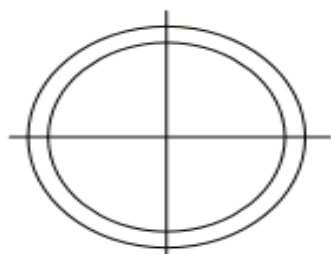
Alturas(mm): 300

301

300



Dirección de crecimiento de la guadua



## Espesor

E21= 11,8

E22= 12,52

E23= 12,73

E24= 12,95

## Diametros

D21= 94,17

D22= 95,97

## Espesor

E11= 17,73

E12= 19,25

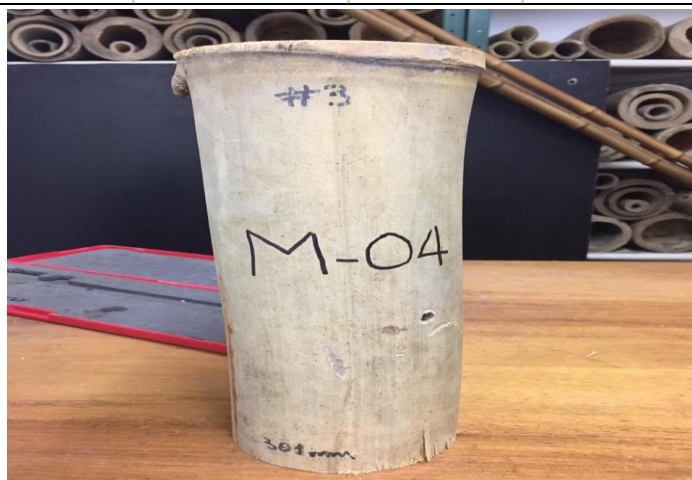
E13= 18,85

E14= 17,52

## Diametros

D11= 99,33

D12= 99,25



Elaboro:

Henry Torres Vasques

Fernando Castiblanco Rodriguez

# CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

Fecha: 17/10/2019 MUESTRA: M-05

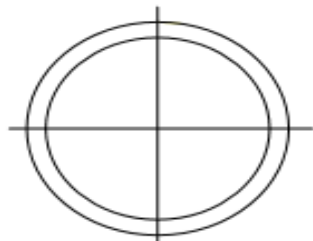
Origen:

Ensayo a realizar: COMPRESION

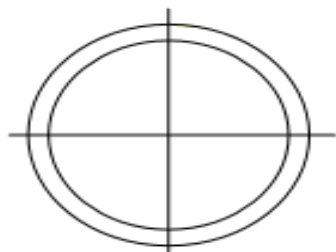
Esquema del corte: Dimensiones en mm

Probeta: Con nudo Sin nudo

Alturas(mm): 300  
304  
303



Dirección de crecimiento de la guadua



## Espesor

E21= 13,42  
E22= 13,15  
E23= 13,35  
E24= 13,99

## Diametros

D21= 113,5  
D22= 111,24

## Espesor

E11= 12,5  
E12= 14,15  
E13= 13,82  
E14= 12,88

## Diametros

D11= 110,21  
D12= 110,11



Esquema 168

Elaboro:

Henry Torres Vasques

Fernando Castiblanco Rodriguez



# **CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH**

Fecha: 17/10/2019 MUESTRA: M-06

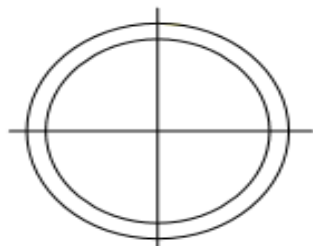
Origen:

Ensayo a realizar: COMPRESION

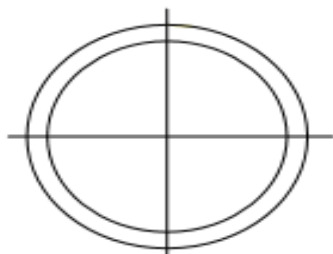
Esquema del corte: Dimensiones en mm

Probeta: Con nudo Sin nudo

Alturas(mm): 300  
301  
300



Dirección de crecimiento de la guadua



## **Espesor**

E21= 13,38  
E22= 12,4  
E23= 14,24  
E24= 13,75

## **Diametros**

D21= 102,23  
D22= 102,52

## **Espesor**

E11= 11,04  
E12= 10,67  
E13= 9,47  
E14= 10,77

## **Diametros**

D11= 105,21  
D12= 100,48



Elaboro:

Henry Torres Vasques  
Fernando Castiblanco Rodriguez



# CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

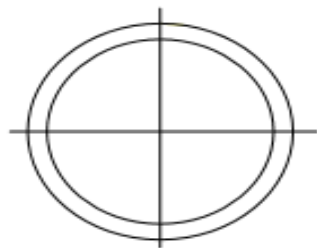
Fecha:	17/10/2019	MUESTRA:	M-07
Origen:			

Ensayo a realizar: COMPRESION

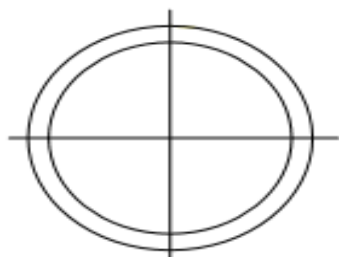
Esquema del corte: Dimensiones en mm

Probeta:	Con nudo	Sin nudo
----------	----------	----------

Alturas(mm):	299
	299
	298



Dirección de crecimiento de la guadua

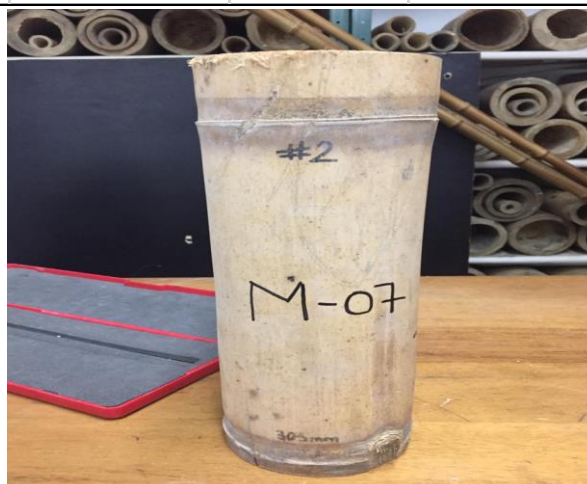


Espesor	
E21=	9,02
E22=	10,13
E23=	10,16
E24=	11,82

Diametros	
D21=	103,25
D22=	100,85

Espesor	
E11=	10,78
E12=	10,94
E13=	11,34
E14=	11,02

Diametros	
D11=	101,73
D12=	101,51



Elaboro:	Henry Torres Vasques
	Fernando Castiblanco Rodriguez

# CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

Fecha: 17/10/2019 MUESTRA: M-07

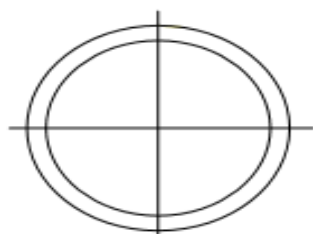
Origen:

Ensayo a realizar: COMPRESION

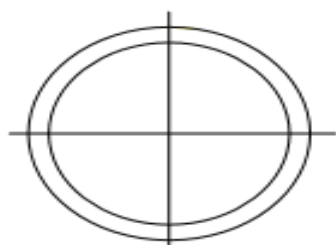
Esquema del corte: Dimensiones en mm



Probeta:	Con nudo	Sin nudo
Alturas(mm):	300	
	299	
	300	



Dirección de crecimiento de la guadua



## Espesor

E21=	7,89
E22=	7,05
E23=	7,01
E24=	7,82

## Diametros

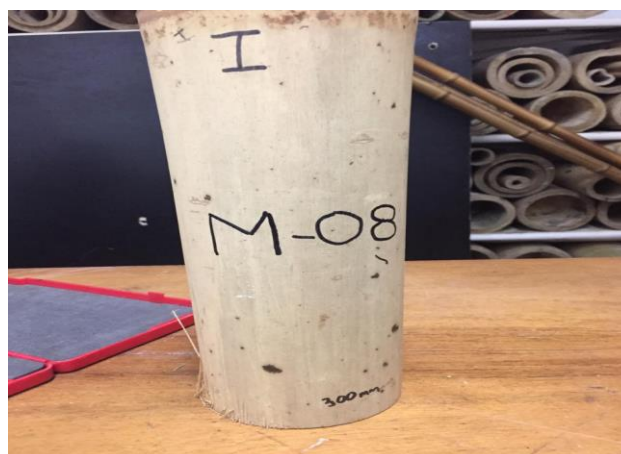
D21=	94,55
D22=	92,11

## Espesor

E11=	10,37
E12=	10,21
E13=	11,03
E14=	11,54

## Diametros

D11=	97,08
D12=	98,21



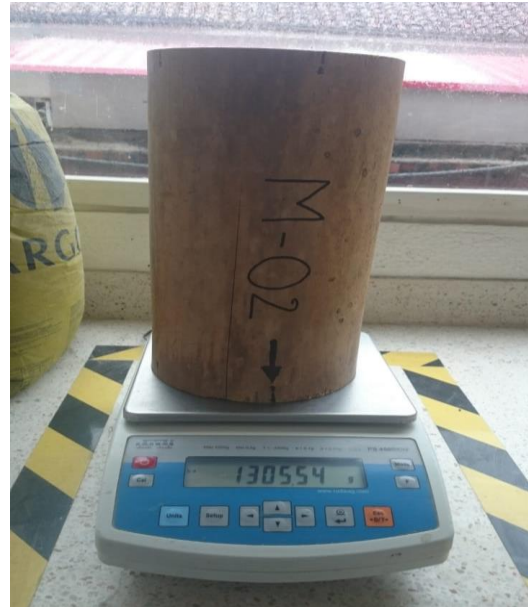
Elaboro:

Henry Torres Vasques  
Fernando Castiblanco Rodriguez

## HUMEDAD: FOTOS



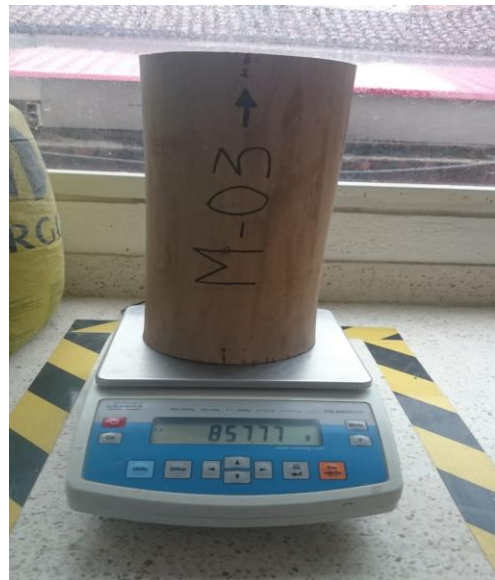
**Anexo 50** Probeta N°2 masa antes de secado **Fuente: propia**



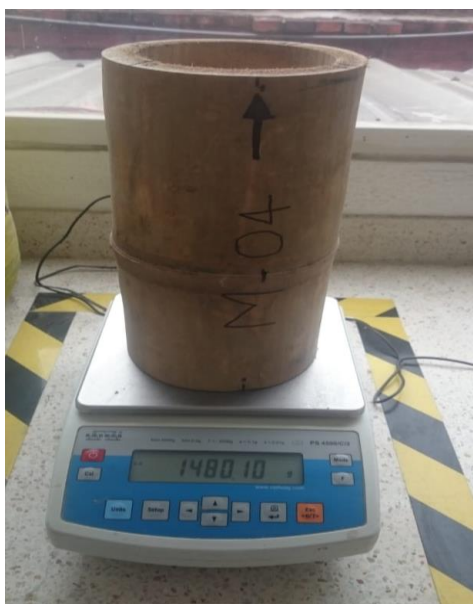
**Anexo 51** Probeta N° 2 masa después de secado **Fuente: propia**



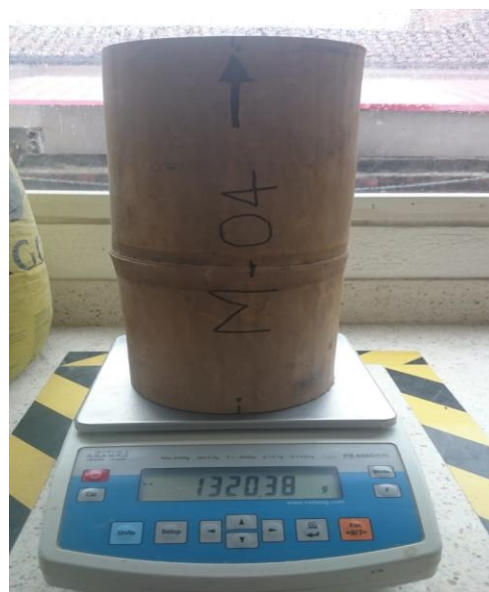
**Anexo 53** Probeta N°3 masa antes de secado **Fuente: propia**



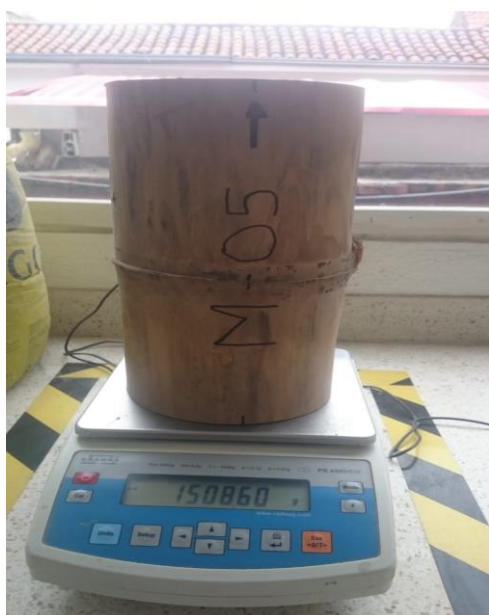
**Anexo 52** Probeta N°3 masa después de secado **Fuente: propia**



**Anexo 54** Probeta N° 4 masa antes de secado **Fuente: propia**



**Anexo 55** Probeta N°4 masa después de secado **Fuente: propia**

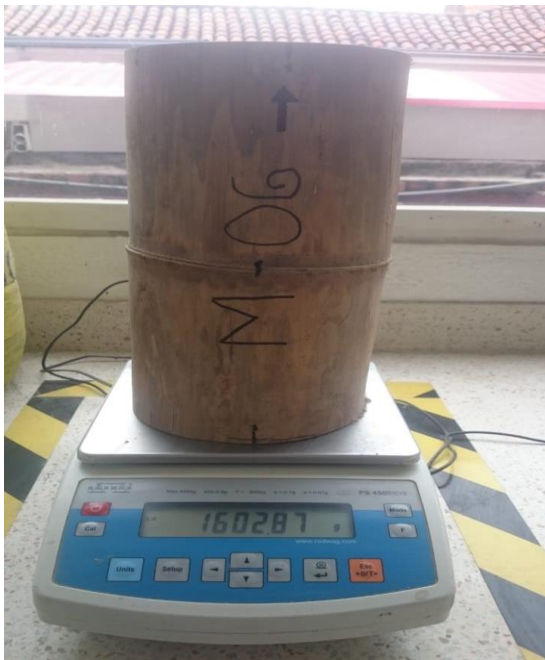


**Anexo 56** Probeta N°5 masa antes de secado **Fuente: propia**

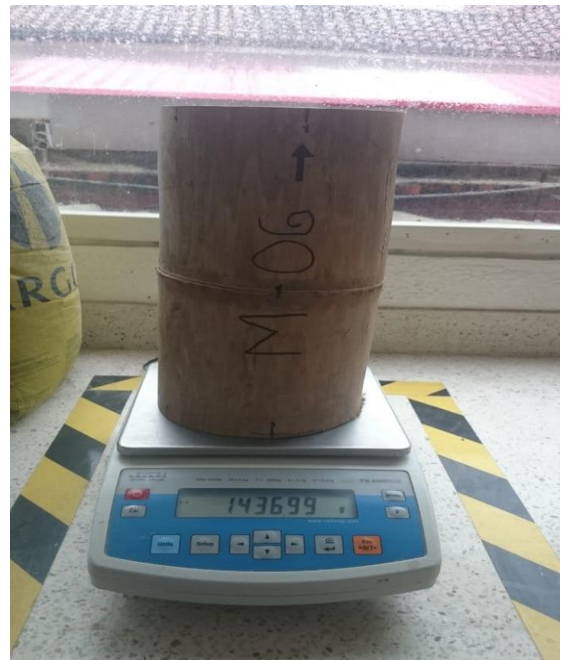


**Anexo 57** Probeta N°5 masa después de secado **Fuente: propia**





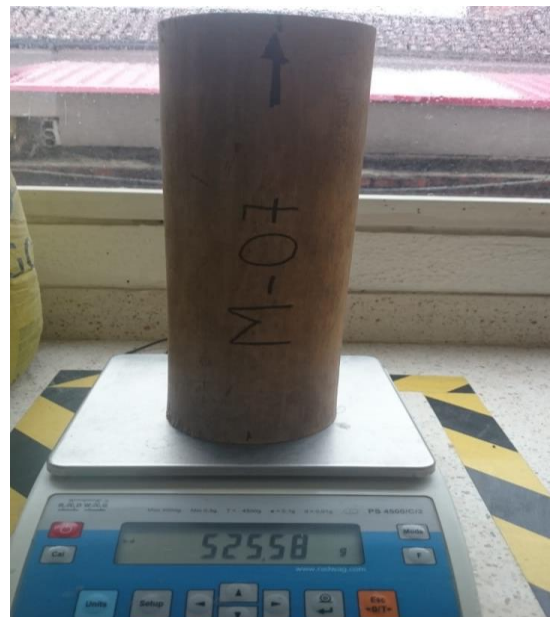
**Anexo 59** Probeta N°6 antes de secado  
**Fuente: propia**



**Anexo 58** Probeta N°6 masa después de secado **Fuente: propia**



**Anexo 61** Probeta N°7 masa antes de secado **Fuente: propia**



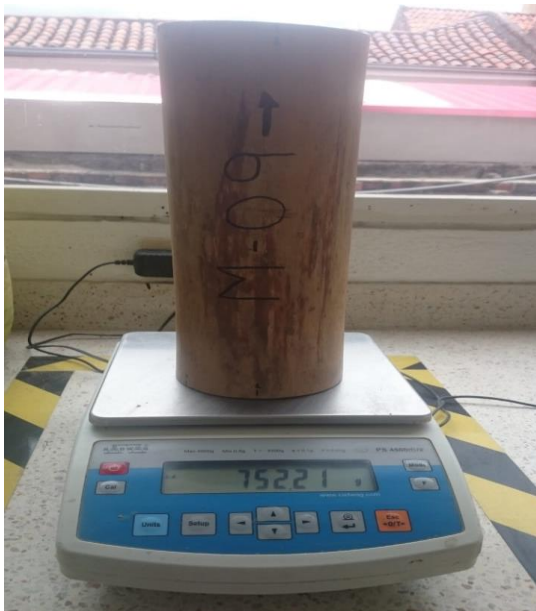
**Anexo 60** Probeta N°7 masa después de secado **Fuente: propia**



**Anexo 62** Probeta N°8 masa antes de secado **Fuente: propia**



**Anexo 63** Probeta N°8 masa después de secado **Fuente: propia**



**Anexo 65** Probeta N°9 masa antes de secado **Fuente: propia**



**Anexo 64** Probeta N°9 masa después de secado **Fuente: propia**



**Anexo 68** Probeta N°10 masa antes de secado **Fuente: propia**



**Anexo 66** Probeta N°10 masa después de secado **Fuente: propia**



**Anexo 69** Probeta N°11 masa antes de secado **Fuente: propia**



**Anexo 67** Probeta N°11 masa después de secado **Fuente: propia**





**Anexo 73** Probeta N°12 masa antes de secado **Fuente: propia**



**Anexo 71** Probeta N°7 masa después de secado **Fuente: propia**



**Anexo 70** Probeta N°13 masa antes de secado **Fuente: propia**



**Anexo 72** Probeta N°13 masa después de secado **Fuente: propia**



**Anexo 76** Probeta N°14 masa antes de secado **Fuente: propia**



**Anexo 75** Probeta N°14 masa después de secado **Fuente: propia**



**Anexo 77** Probeta N°15 masa antes de secado **Fuente: propia**



**Anexo 74** Probeta N°15 masa después de secado **Fuente: propia**



**Anexo 78** Probeta N°16 masa antes de secado **Fuente: propia**



**Anexo 79** Probeta N°16 masa después de secado **Fuente: propia**



**Anexo 81** Probeta N°17 masa antes de secado **Fuente: propia**



**Anexo 80** Probeta N°17 masa después de secado **Fuente: propia**





**Anexo 82** Probeta N°18 masa antes de secado **Fuente: propia**



**Anexo 83** Probeta N°18 masa después de secado **Fuente: propia**

## DENSIDAD: TABLAS

CULMOS SIN NUDO - 10 CM									
MUESTRA - 07	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (M3)	PESO ESPECIFICO (KG/M3)	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	101,72	101,56	101,74	102,02	101,76	456132,908	0,00045613	1152,252	
DIAMETRO INTERNO (mm)	92,6025	92,4425	90,85	91,13	91,76				
ALTURA(mm)	300	301	299	300,00	300,00				
PESO (GR)	525,58				0,53				
MUESTRA - 08	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (M3)	PESO ESPECIFICO (KG/M3)	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	98,96	100,19	99,6	99,08	99,46	449123,162	0,00044912	1134,789	
DIAMETRO INTERNO (mm)	89,295	90,525	89,075	88,555	89,36				
ALTURA(mm)	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00				
PESO (GR)	509,66				0,51				
MUESTRA - 09	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (M3)	PESO ESPECIFICO (KG/M3)	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	109,4	107,71	111,6	110,17	109,72	653504,54	0,0006535	1031,929	
DIAMETRO INTERNO (mm)	95,6375	93,9475	98,88	97,45	96,48				
ALTURA(mm)	302	304,00	307,00	306,00	304,75				
PESO (GR)	674,37				0,67				

**Anexo 84** Resultados densidad culmos sin nudo 10 cm **Fuente: propia**

CULMOS CON NUDO - 15 CM								
MUESTRA - 04	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (M3)	PESO ESPECIFICO (KG/M3)
DIAMETRO EXTERNO (mm)	146,45	150,97	147	151,56	149,00	1257685,83	0,00125769	1049,849
DIAMETRO INTERNO (mm)	127,3875	131,9075	128,05	132,61	129,99			
ALTURA(mm)	302,00	303,00	300,00	303,00	302,00			
PESO (GR)	1320,38				1,32			
MUESTRA - 05	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (M3)	PESO ESPECIFICO (KG/M3)
DIAMETRO EXTERNO (mm)	153,79	149,24	149,14	154,75	151,73	763826,751	0,00076383	1774,997
DIAMETRO INTERNO (mm)	137,845	133,295	133,5275	139,1375	135,95			
ALTURA(mm)	285,00	285,00	287,00		214,25			
PESO (GR)	1355,79				1,36			
MUESTRA - 06	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (M3)	PESO ESPECIFICO (KG/M3)
DIAMETRO EXTERNO (mm)	153,19	152,07	154,33	154,81	153,60	1287675,31	0,00128768	1115,957
DIAMETRO INTERNO (mm)	135,1425	134,0225	134,7925	135,2725	134,81			
ALTURA(mm)	302,00	302,00	305,00	301,00	302,50			
PESO (GR)	1436,99				1,44			

**Anexo 85** Resultado densidad culmos con nudo de 15 cm **Fuente: propia**

CULMOS SIN NUDO - 5 CM								
MUESTRA - 13	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (M3)	PESO ESPECIFICO (KG/M3)
DIAMETRO EXTERNO (mm)	54,05	49,9	52,96	45,52	50,61	158366,936	0,00015837	1136,727
DIAMETRO INTERNO (mm)	48,04	43,89	44,68	37,24	43,46			
ALTURA(mm)	299,00	300,00	301,00	300,00	300,00			
PESO (GR)	180,02				0,18			
MUESTRA - 14	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (M3)	PESO ESPECIFICO (KG/M3)
DIAMETRO EXTERNO (mm)	47,48	50,68	53,02	52,82	51,00	161878,401	0,00016188	996,983
DIAMETRO INTERNO (mm)	41,1125	44,3125	45,015	44,815	43,81			
ALTURA(mm)	304	303	302	301,00	302,50			
PESO (GR)	161,39				0,16			
MUESTRA - 15	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (M3)	PESO ESPECIFICO (KG/M3)
DIAMETRO EXTERNO (mm)	56,87	56,01	59,2	61,63	58,43	258221,121	0,00025822	1002,861
DIAMETRO INTERNO (mm)	47,6075	46,7475	48,0275	50,4575	48,21			
ALTURA(mm)	301	303	300	303,00	301,75			
PESO (GR)	258,96				0,26			

**Anexo 87** Resultados densidad Culmos sin nudo 5 cm **Fuente: propia**

CULMOS CON NUDO - 5 CM									
MUESTRA - 16	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (M3)	PESO ESPECIFICO (KG/M3)	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	53,54	53,23	52,58	54,53	53,47	129295,78	0,0001293	1193,388	
DIAMETRO INTERNO (mm)	48,2975	47,9875	47,0325	48,9825	48,08				
ALTURA(mm)	300,00	301,00	300,00	301,00	300,50				
PESO (GR)	154,30				0,15				
MUESTRA - 17	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (M3)	PESO ESPECIFICO (KG/M3)	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	56,19	53,03	53,38	55,72	54,58	157675,8	0,00015768	1291,130	
DIAMETRO INTERNO (mm)	49,3475	46,1875	47,275	49,615	48,11				
ALTURA(mm)	304	302	301	301	302,00				
PESO (GR)	203,58				0,20				
MUESTRA - 18	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (M3)	PESO ESPECIFICO (KG/M3)	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	54,63	56,33	58,5	58,47	56,98	159495,006	0,0001595	916,267	
DIAMETRO INTERNO (mm)	48,1625	49,8625	52,2025	52,1725	50,60				
ALTURA(mm)	294	296	299	294,00	295,75				
PESO (GR)	146,14				0,15				

**Anexo 86** Resultados densidad culmos con nudo 5 cm **Fuente: propia**

CULMOS CON NUDO - 10 CM									
MUESTRA - 10	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (M3)	PESO ESPECIFICO (KG/M3)	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	98,06	98,8	98,7	102,48	99,51	436946,939	0,00043695	1526,410	
DIAMETRO INTERNO (mm)	88,43	89,17	89,2975	93,0775	89,99				
ALTURA(mm)	312	309	307	306,00	308,50				
PESO (GR)	666,96				0,67				
MUESTRA - 11	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (M3)	PESO ESPECIFICO (KG/M3)	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	102,32	99,15	101,48	100	100,74	480160,216	0,00048016	1257,122	
DIAMETRO INTERNO (mm)	91,7	88,53	90,925	89,445	90,15				
ALTURA(mm)	303,00	304,00	301,00	302,00	302,50				
PESO (GR)	603,62				0,60				
MUESTRA - 12	1	2	3	4	PROMEDIO	VOLUMEN (mm3)	VOLUMEN (M3)	PESO ESPECIFICO (KG/M3)	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	106,32	100,46	106,01	101,13	103,48	442801,978	0,0004428	1416,525	
DIAMETRO INTERNO (mm)	97,0675	91,2075	96,1925	91,3125	93,95				
ALTURA(mm)	300,00	300,00	299,00	299,00	299,50				
PESO (GR)	627,24				0,63				

**Anexo 88** Resultados densidad culmos con nudo 10 cm **Fuente: propia**



## CONTRACCION: TABLAS

ENSAYO CONTRACCIÓN											
Muestra M-04	LECTURA INICIAL				PROMEDIO	LECTURA FINAL				PROMEDIO	C.T
Longitud (mm)	302	303	300	x	301,667	300	301	300	x	300,33	0,44%
	EXTREMO #1					EXTREMO # 1					
Espesor (mm)	18,4	18,39	19,64	19,37	18,950	17,92	17,08	17,9	18,88	17,95	5,30%
Diametro (mm)	147	151,56	X	X	149,280	143,2	148,11	X	X	145,66	2,43%
	EXTREMO # 2					EXTREMO # 2					
Espesor (mm)	19,5	19,41	17,34	20	19,0625	18,19	17,73	16,57	18,49	17,75	6,91%
Diametro (mm)	146,45	150,97	X	X	148,71	144,69	148,14	X	X	146,42	1,54%
Muestra M-05	LECTURA INICIAL				PROMEDIO	LECTURA FINAL				PROMEDIO	C.T
Longitud (mm)	285	285	287	x	285,667	285	284	282	x	283,67	0,70%
	EXTREMO #1					EXTREMO # 1					
Espesor (mm)	16,37	16,4	15	14,68	15,613	16,2	15,42	14,41	14,23	15,07	3,51%
Diametro (mm)	149,14	154,75	X	X	151,945	145,19	150,95	X	X	148,07	2,55%
	EXTREMO # 2					EXTREMO # 2					
Espesor (mm)	15,8	16,11	15,66	16,21	15,945	15,25	15,5	15,15	15,36	15,32	3,95%
Diametro (mm)	153,79	149,24	X	X	151,515	149,03	145,45	X	X	147,24	2,82%
Muestra M-06	LECTURA INICIAL				PROMEDIO	LECTURA FINAL				PROMEDIO	C.T
Longitud (mm)	302	302	305	x	303,000	301	300	299	x	300,00	0,99%
	EXTREMO #1					EXTREMO # 1					
Espesor (mm)	20,24	17,9	20,14	19,87	19,538	19,26	17,42	17,75	18,87	18,33	6,21%
Diametro (mm)	154,33	154,81	X	X	154,570	153,7	153,16	X	X	153,43	0,74%
	EXTREMO # 2					EXTREMO # 2					
Espesor (mm)	17,54	16,58	18,33	19,74	18,0475	17,32	16,07	17,43	17,72	17,14	5,06%
Diametro (mm)	153,19	152,07	X	X	152,63	152,69	151,64	X	X	152,17	0,30%

**Anexo 89** Resultados contracción culmos con nudo 15 cm **Fuente: propia**

ENSAYO CONTRACCIÓN											
Muestra M-07	LECTURA INICIAL				PROMEDIO	LECTURA FINAL				PROMEDIO	C.T
Longitud (mm)	300	301	299	x	300,000	299	299	299	x	299,00	0,33%
	EXTREMO #1					EXTREMO # 1					
Espesor (mm)	10,88	11,25	10,69	10,74	10,890	10,62	11,07	10,52	10,37	10,65	2,25%
Diametro (mm)	101,74	102,02	X	X	101,880	97,98	99,31	X	X	98,65	3,18%
	EXTREMO # 2					EXTREMO # 2					
Espesor (mm)	9,1	9,73	9,01	8,63	9,1175	8,91	9,44	8,89	8,48	8,93	2,06%
Diametro (mm)	101,72	101,56	X	X	101,64	99,34	97,32	X	X	98,33	3,26%
Muestra M-08	LECTURA INICIAL				PROMEDIO	LECTURA FINAL				PROMEDIO	C.T
Longitud (mm)	300	300	300	x	300,000	299	299	300	x	299,33	0,22%
	EXTREMO #1					EXTREMO # 1					
Espesor (mm)	10,73	10,22	10,32	10,83	10,525	10,54	10,02	10,14	10,7	10,35	1,66%
Diametro (mm)	99,6	99,08	X	X	99,340	98,9	98,89	X	X	98,90	0,45%
	EXTREMO # 2					EXTREMO # 2					
Espesor (mm)	9,72	9,33	9,62	9,99	9,665	9,59	9,11	9,53	9,86	9,52	1,47%
Diametro (mm)	98,96	100,19	X	X	99,575	97,94	98,95	X	X	98,45	1,13%
Muestra M-09	LECTURA INICIAL				PROMEDIO	LECTURA FINAL				PROMEDIO	C.T
Longitud (mm)	302	304	307	x	304,333	301	304	305	x	303,33	0,33%
	EXTREMO #1					EXTREMO # 1					
Espesor (mm)	9,05	10,04	9,57	8,95	9,403	8,82	9,87	8,96	8,77	9,11	3,16%
Diametro (mm)	98,7	102,48	X	X	100,590	94,49	98,56	X	X	96,53	4,04%
	EXTREMO # 2					EXTREMO # 2					
Espesor (mm)	9,42	9,87	9,43	9,8	9,63	9,15	9,17	9,12	9,27	9,18	4,70%
Diametro (mm)	98,06	98,8	X	X	98,43	94,62	94,92	X	X	94,77	3,72%

**Anexo 90** Resultados contracción culmos sin nudo 10 cm **Fuente: propia**

ENSAYO CONTRACCIÓN											
Muestra M-10	LECTURA INICIAL				PROMEDIO	LECTURA FINAL				PROMEDIO	C.T
Longitud (mm)	312	309	307	x	309,333	311	308	307	x	308,67	0,22%
	EXTREMO #1					EXTREMO # 1					
Espesor (mm)	9,42	9,87	9,43	9,8	9,630	9,38	10,41	10,6	9,63	10,01	-3,89%
Diametro (mm)	101,48	100	X	X	100,740	100,11	98,94	X	X	99,53	1,21%
	EXTREMO # 2					EXTREMO # 2					
Espesor (mm)	10,28	11,4	10,64	10,16	10,62	10,12	11,2	10,49	10	10,45	1,58%
Diametro (mm)	102,32	99,15	X	X	100,735	100,92	97,68	X	X	99,30	1,42%
Muestra M-11	LECTURA INICIAL				PROMEDIO	LECTURA FINAL				PROMEDIO	C.T
Longitud (mm)	312	309	307	x	309,333	302	301	300	x	301,00	2,69%
	EXTREMO #1					EXTREMO # 1					
Espesor (mm)	9,71	10,86	11	10,65	10,555	9,38	10,41	10,6	9,63	10,01	5,21%
Diametro (mm)	101,48	100	X	X	100,740	100,11	98,94	X	X	99,53	1,21%
	EXTREMO # 2					EXTREMO # 2					
Espesor (mm)	10,28	11,4	10,64	10,16	10,62	10,12	11,2	10,49	10	10,45	1,58%
Diametro (mm)	102,32	99,15	X	X	100,735	100,92	97,68	X	X	99,30	1,42%
Muestra M-12	LECTURA INICIAL				PROMEDIO	LECTURA FINAL				PROMEDIO	C.T
Longitud (mm)	300	300	299	x	299,667	299	300	299	x	299,33	0,11%
	EXTREMO #1					EXTREMO # 1					
Espesor (mm)	9,25	9,73	11,17	9,12	9,818	8,93	9,46	9,98	8,98	9,34	4,89%
Diametro (mm)	106,01	101,13	X	X	103,570	102,93	97,8	X	X	100,37	3,09%
	EXTREMO # 2					EXTREMO # 2					
Espesor (mm)	9,27	9,7	9,08	8,96	9,2525	9,05	9,25	8,99	8,9	9,05	2,22%
Diametro (mm)	106,32	100,46	X	X	103,39	102,93	96,75	X	X	99,84	3,43%

**Anexo 91** Resultados contracción culmos con nudo 10 cm **Fuente: propia**

ENSAYO CONTRACCIÓN											
Muestra M-13	LECTURA INICIAL				PROMEDIO	LECTURA FINAL				PROMEDIO	C.T
Longitud (mm)	299	300	301	x	300,000	299	300	300	x	299,67	0,11%
	EXTREMO #1					EXTREMO # 1					
Espesor (mm)	8,6	8,82	7,8	7,9	8,280	8,33	8,7	7,71	7,57	8,08	2,45%
Diametro (mm)	52,96	45,52	X	X	49,240	50,91	44,03	X	X	47,47	3,59%
	EXTREMO # 2					EXTREMO # 2					
Espesor (mm)	5,76	6,49	6	5,79	6,01	5,6	5,99	5,76	5,18	5,63	6,28%
Diametro (mm)	54,05	49,9	X	X	51,975	51,97	48,28	X	X	50,13	3,56%
Muestra M-14	LECTURA INICIAL				PROMEDIO	LECTURA FINAL				PROMEDIO	C.T
Longitud (mm)	304	303	302	x	303,000	304	302	300	x	302,00	0,33%
	EXTREMO #1					EXTREMO # 1					
Espesor (mm)	8,07	8,34	7,56	8,05	8,005	7,86	8,24	7,45	7,86	7,85	1,91%
Diametro (mm)	53,02	52,82	X	X	52,920	52,09	52,53	X	X	52,31	1,15%
	EXTREMO # 2					EXTREMO # 2					
Espesor (mm)	6,16	6,59	6,82	5,9	6,3675	6,14	6,52	6,51	5,54	6,18	2,98%
Diametro (mm)	47,48	50,68	X	X	49,08	47,42	50,6	X	X	49,01	0,14%
muestra M-15	LECTURA INICIAL				PROMEDIO	LECTURA FINAL				PROMEDIO	C.T
Longitud (mm)	301	303	300	x	301,333	300	300	300	x	300,00	0,44%
	EXTREMO #1					EXTREMO # 1					
Espesor (mm)	10,71	11,54	11,13	11,31	11,173	10,58	11	11,02	11,14	10,94	2,13%
Diametro (mm)	59,2	61,63	X	X	60,415	56,86	59,9	X	X	58,38	3,37%
	EXTREMO # 2					EXTREMO # 2					
Espesor (mm)	9,46	9,14	8,77	9,68	9,2625	9,32	8,9	8,6	9,16	9,00	2,89%
Diametro (mm)	56,87	56,01	X	X	56,44	55,15	54,23	X	X	54,69	3,10%

**Anexo 92** Resultados contracción culmos sin nudo 5 cm **Fuente: propia**

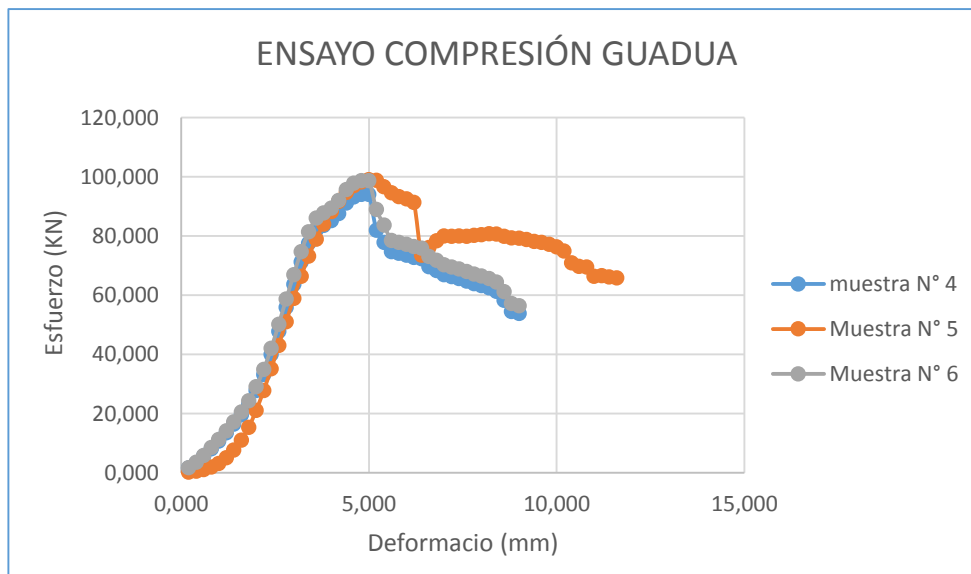
ENSAYO CONTRACCIÓN											
Muestra M-16	LECTURA INICIAL				PROMEDIO	LECTURA FINAL				PROMEDIO	C.T
Longitud (mm)	301	300	300	x	300,333	301	300	300	x	300,33	0,00%
	EXTREMO #1					EXTREMO # 1					
Espesor (mm)	5,15	4,84	5,94	6,26	5,548	4,92	4,8	5,9	6,15	5,44	1,89%
Diametro (mm)	52,58	54,53	X	X	53,555	50,38	52,62	X	X	51,50	3,84%
	EXTREMO # 2					EXTREMO # 2					
Espesor (mm)	4,72	4,78	6,05	5,42	5,2425	4,65	4,37	5,39	5,18	4,90	6,58%
Diametro (mm)	53,54	53,23	X	X	53,385	51,33	51,18	X	X	51,26	3,99%
Muestra M-17	LECTURA INICIAL				PROMEDIO	LECTURA FINAL				PROMEDIO	C.T
Longitud (mm)	304	302	301	x	302,333	301	302	301	x	301,33	0,33%
	EXTREMO #1					EXTREMO # 1					
Espesor (mm)	6,2	6,16	6,17	5,89	6,105	5,98	6,05	6,01	5,61	5,91	3,15%
Diametro (mm)	53,38	55,72	X	X	54,550	51,3	53,4	X	X	52,35	4,03%
	EXTREMO # 2					EXTREMO # 2					
Espesor (mm)	6,66	6,76	6,88	7,07	6,8425	6,37	6,59	6,69	6,98	6,66	2,70%
Diametro (mm)	56,19	53,03	X	X	54,61	54,22	51,93	X	X	53,08	2,81%
Muestra M-18	LECTURA INICIAL				PROMEDIO	LECTURA FINAL				PROMEDIO	C.T
Longitud (mm)	294	296	299	x	296,333	294	295	295	x	294,67	0,56%
	EXTREMO #1					EXTREMO # 1					
Espesor (mm)	6,41	6,18	5,94	6,66	6,298	6,29	6,04	5,81	6,05	6,05	3,97%
Diametro (mm)	58,5	58,47	X	X	58,485	56,97	55,77	X	X	56,37	3,62%
	EXTREMO # 2					EXTREMO # 2					
Espesor (mm)	6,66	6,52	6,24	6,45	6,4675	6,51	6,2	6,11	6,37	6,30	2,63%
Diametro (mm)	54,63	56,33	X	X	55,48	51,93	55,68	X	X	53,81	3,02%

**Anexo 93** Resultados contracción culmos con nudo 5 cm **Fuente: propia**

## COMPRESION: TABLAS, GRAFICAS

CULMOS SIN NUDO - 10 CM											
MUESTRA - 04	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	100,81	102,13	101,31	101,12	101,34	1459,79	0,0015	94,044	64423,12684	64,423	
DIAMETRO INTERNO (mm)	91,6725	92,9925	91,1925	91,0025	91,72						
ALTURA(mm)	301	302	301	301	301,25						
TIPO DE FALLA	Aplastamiento										
MUESTRA - 05	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	108,5	107,9	111,6	110,17	109,54	2081,97	0,0021	99,020	47560,77881	47,561	
DIAMETRO INTERNO (mm)	95,5125	94,9125	98,88	97,45	96,69						
ALTURA(mm)	300	299	300	300	299,75						
TIPO DE FALLA	Aplastamiento										
MUESTRA - 06	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	98,11	99,91	99,71	99,13	99,22	1467,83	0,0015	98,739	67268,76414	67,269	
DIAMETRO INTERNO (mm)	88,6475	90,4475	89,345	88,765	89,30						
ALTURA(mm)	301	300	300	300	300,25						
TIPO DE FALLA	Aplastamiento										

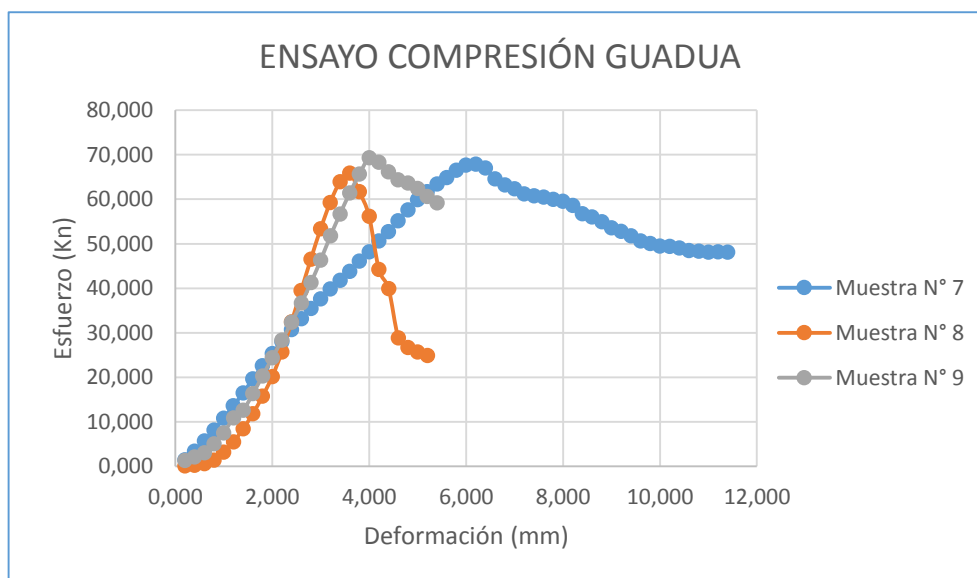
**Anexo 94** Resultados compresión culmos sin nudo 10 cm **Fuente: propia**



**Anexo 95** Compresión-Esfuerzo (KN) vs Deformación (mm) Muestras 4, 5, 6 **Fuente: propia**

CULMOS CON NUDO - 5 CM											
MUESTRA - 07	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	51,6	52,9	53,78	53,99	53,07	432,28	0,0004	67,904	157083,3663	157,083	
DIAMETRO INTERNO (mm)	46,03	47,33	48,415	48,625	47,60						
ALTURA(mm)	300	299	299	299	299,25						
TIPO DE FALLA	Aplastamiento										
MUESTRA - 08	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	55,11	53,1	54,21	52,11	53,63	506,63	0,0005	65,841	129958,3454	129,958	
DIAMETRO INTERNO (mm)	49,03	47,02	47,5	45,4	47,24						
ALTURA(mm)	301	300	300	301	300,50						
TIPO DE FALLA	Aplastamiento										
MUESTRA - 09	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	58,02	58,45	55,12	58,33	57,48	538,55	0,0005	69,303	128683,4285	128,683	
DIAMETRO INTERNO (mm)	51,8025	52,2325	48,715	51,925	51,17						
ALTURA(mm)	305	303	303	304	303,75						
TIPO DE FALLA	Aplastamiento										

**Anexo 97** Resultados compresión culmos con nudo 5 cm **Fuente: propia**

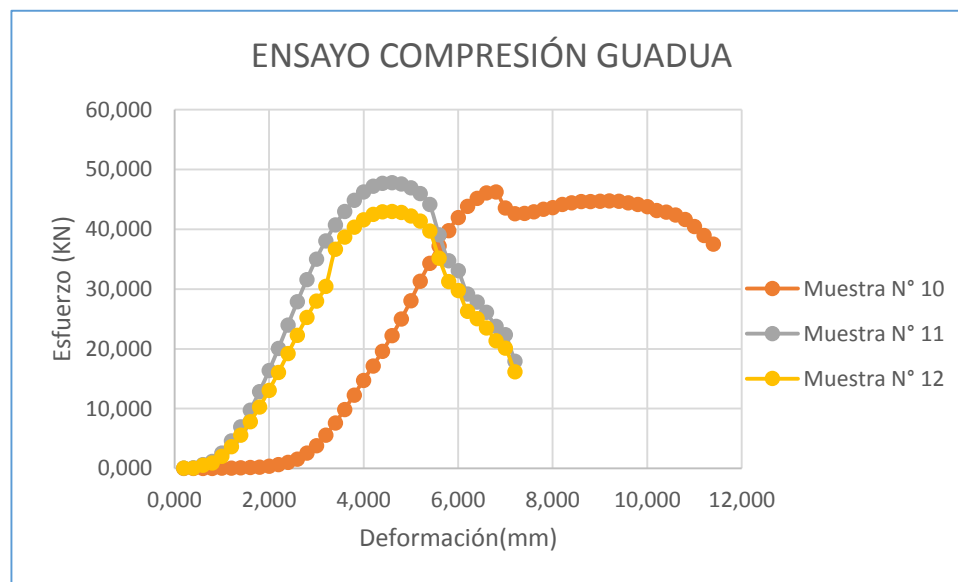


**Anexo 96** Compresión-Esfuerzo (KN) vs Deformacion (mm) Muestras 7, 8, 9 **Fuente: propia**



CULMOS SIN NUDO - 5 CM											
MUESTRA - 10	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	57,87	58,11	59,13	61,09	59,05	862,09	0,0009	46,288	53692,74715	53,693	
DIAMETRO INTERNO (mm)	48,7425	48,9825	47,9175	49,8775	48,88						
ALTURA(mm)	300	298	299	299	299,00						
TIPO DE FALLA	Aplastamiento										
MUESTRA - 11	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	52,11	53,19	48,02	51,1	51,11	537,79	0,0005	47,801	88884,99351	88,885	
DIAMETRO INTERNO (mm)	43,99	45,07	41,725	44,805	43,90						
ALTURA(mm)	305	307	304	305	305,25						
TIPO DE FALLA	Aplastamiento										
MUESTRA - 12	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	50,96	48,76	53,09	47,9	50,18	510,79	0,0005	43,021	84225,05044	84,225	
DIAMETRO INTERNO (mm)	43,045	40,845	47,0775	41,8875	43,21						
ALTURA(mm)	300	299	302	300	300,25						
TIPO DE FALLA	Aplastamiento										

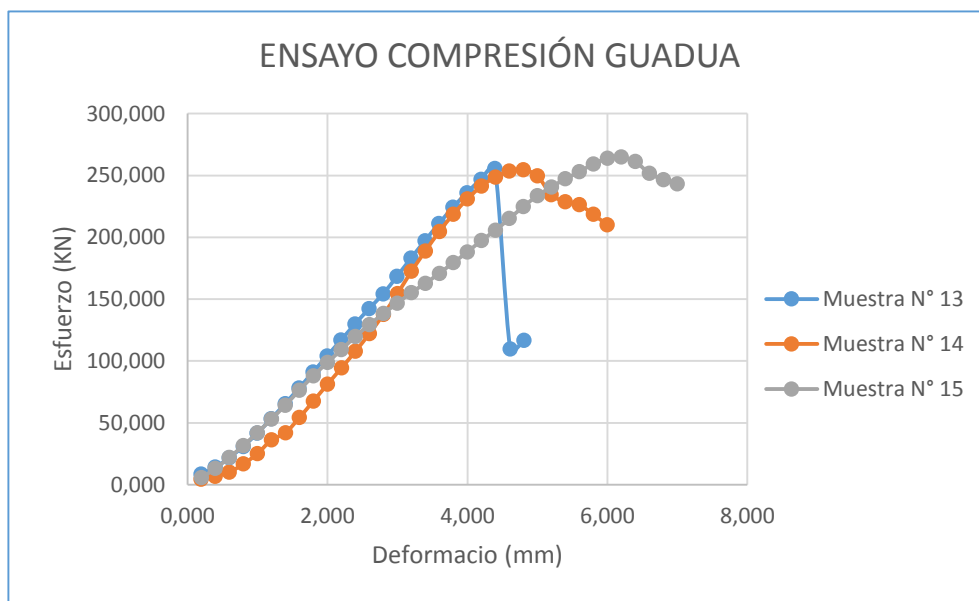
**Anexo 98** Resultados compresión culmos sin nudo 5 cm **Fuente: propia**



**Anexo 99** Compresión-Esfuerzo (KN) vs Deformación (mm) Muestras 10, 11, 12. **Fuente: propia**

CULMOS SIN NUDO - 15 CM											
MUESTRA - 13	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	145,92	142,87	146,12	143,11	144,51	3295,15	0,0033	255,562	77557,12683	77,557	
DIAMETRO INTERNO (mm)	131,578	128,528	129,803	126,793	129,18						
ALTURA(mm)	304	306	305	304	304,75						
TIPO DE FALLA	Aplastamiento										
MUESTRA - 14	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	144,96	145,9	145,01	144,02	144,97	3308,95	0,0033	254,584	76937,98812	76,938	
DIAMETRO INTERNO (mm)	130,163	131,103	129,123	128,133	129,63						
ALTURA(mm)	299	302	300	301	300,50						
TIPO DE FALLA	Aplastamiento										
MUESTRA - 15	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION	
DIAMETRO EXTERNO (mm)	145,21	141,61	143,24	144,34	143,60	3362,36	0,0034	264,827	78762,31979	78,762	
DIAMETRO INTERNO (mm)	130,288	126,688	126,618	127,718	127,83						
ALTURA(mm)	302	305	305	306	304,50						
TIPO DE FALLA	Aplastamiento										

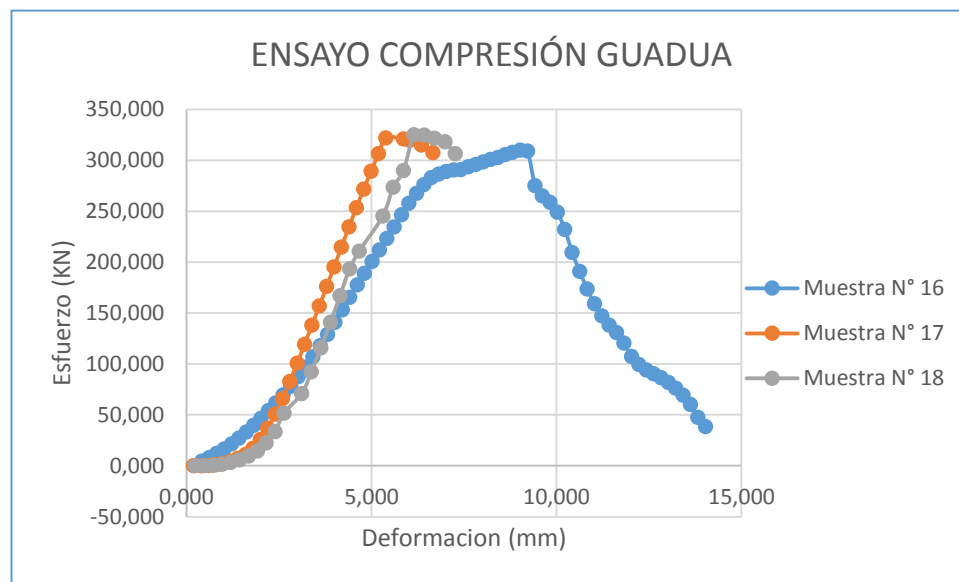
**Anexo 101** Resultados compresión culmos sin nudo 15 cm **Fuente: propia**



**Anexo 100** Compresión-Esfuerzo (KN) vs Deformacion (mm) Muestras 13, 14, 15. **Fuente: propia**

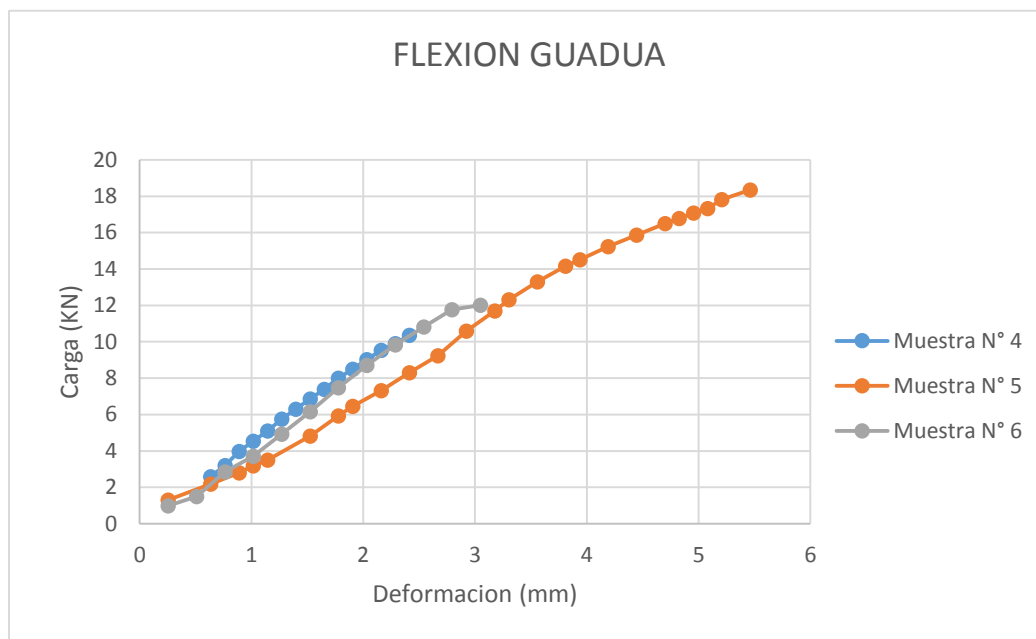
CULMOS CON NUDO - 15 CM										
MUESTRA - 16	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION
DIAMETRO EXTERNO (mm)	145,99	151,21	147,56	151,89	149,16	4190,22	0,0042	309,946	73968,99867	73,969
DIAMETRO INTERNO (mm)	126,77	131,99	128,565	132,895	130,06					
ALTURA(mm)	306	305	305	305	305,25					
TIPO DE FALLA	Aplastamiento									
MUESTRA - 17	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION
DIAMETRO EXTERNO (mm)	150,11	153,03	152,12	140,24	148,88	3498,54	0,0035	322,127	92074,78345	92,075
DIAMETRO INTERNO (mm)	134,5	137,42	136,133	124,253	133,08					
ALTURA(mm)	300	299	299	298	299,00					
TIPO DE FALLA	Aplastamiento									
MUESTRA - 18	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION
DIAMETRO EXTERNO (mm)	153,99	153,81	153,23	152,07	153,28	4287,03	0,0043	324,873	75780,52294	75,781
DIAMETRO INTERNO (mm)	134,185	134,005	135,073	133,913	134,29					
ALTURA(mm)	305	305	305	304	304,75					
TIPO DE FALLA	Aplastamiento									

**Anexo 102** Resultados compresión culmos con nudo 15 cm **Fuente: propia**



**Anexo 103** Compresión-Esfuerzo (KN) vs Deformación (mm) Muestras 16, 17, 18. **Fuente: propia**

## FLEXION: TABLAS, GRAFICAS



**Anexo 104** Flexión Carga (KN) VS Deformacion (mm) Muestras 4, 5, 6. **Fuente: propia**

<b>Culmo</b>	#4
<b>Diámetro</b>	15 cm
<b>Probeta:</b>	Con nudo

<b>Culmo</b>	#5
<b>Diámetro</b>	15 cm
<b>Probeta:</b>	Con nudo

<b>Culmo</b>	#6
<b>Diámetro</b>	15 cm
<b>Probeta:</b>	Con nudo

Carga (KN)	Deformacion (mm)
2,58	0,635
3,2	0,762
3,98	0,889
4,54	1,016
5,1	1,143
5,76	1,27
6,3	1,397
6,86	1,524
7,39	1,651
8	1,778
8,5	1,905
9,02	2,032
9,53	2,159

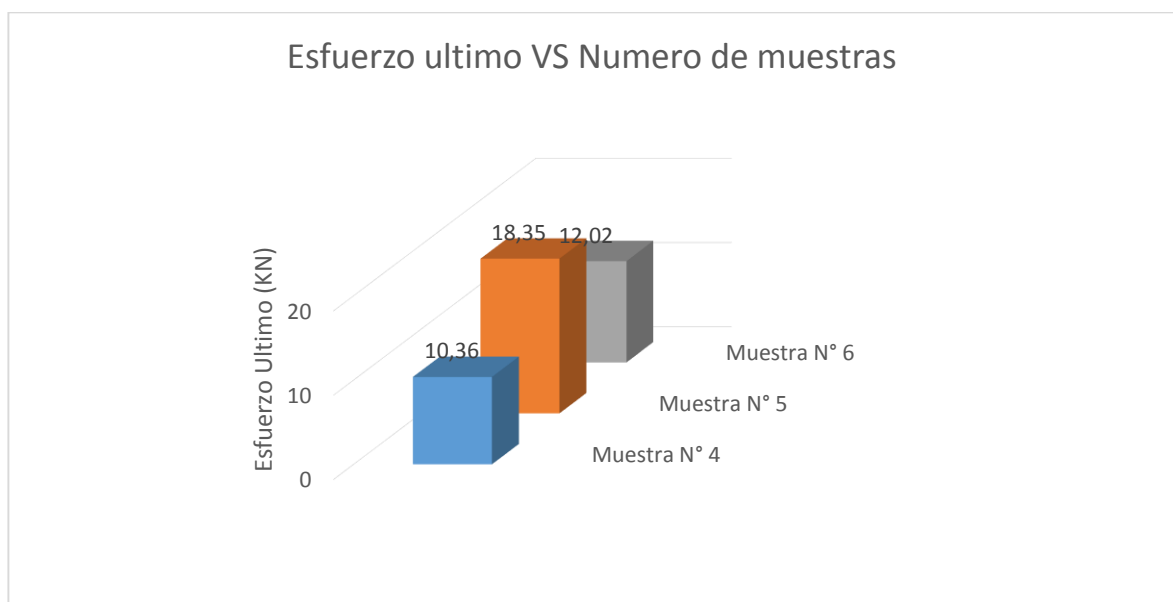
Carga (KN)	Deformacion (mm)
1,31	0,254
2,18	0,635
2,8	0,889
3,18	1,016
3,51	1,143
4,82	1,524
5,93	1,778
6,45	1,905
7,32	2,159
8,3	2,413
9,23	2,667
10,59	2,921
11,7	3,175

Carga (KN)	Deformacion (mm)
0,99	0,254
1,49	0,508
2,85	0,762
3,72	1,016
4,92	1,27
6,15	1,524
7,48	1,778
8,71	2,032
9,83	2,286
10,81	2,54
11,76	2,794
12,02	3,048

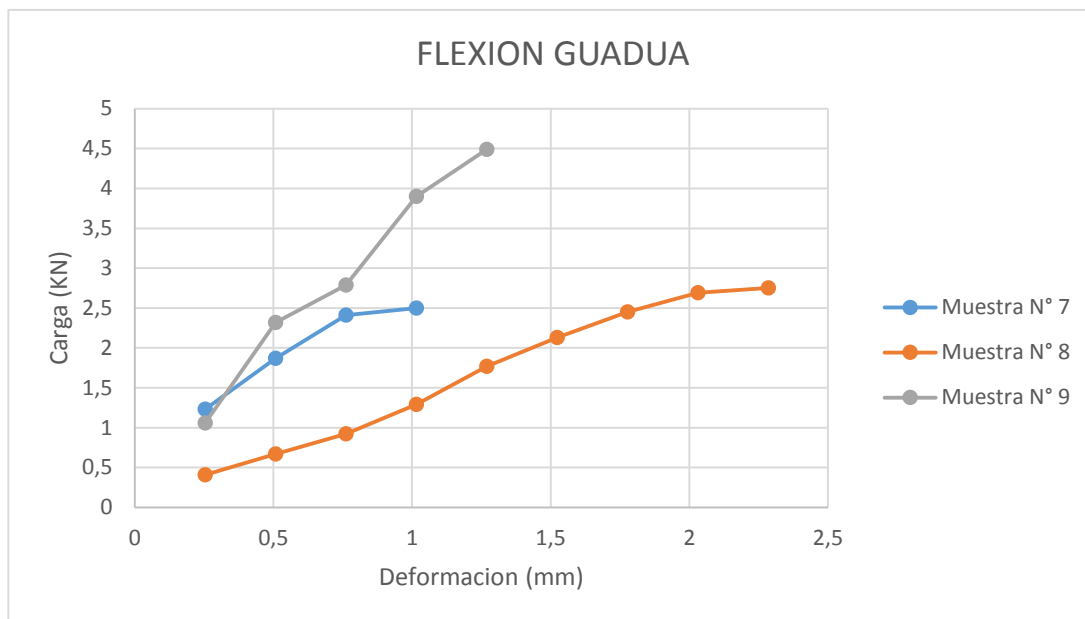
9,91	2,286
10,36	2,413

12,31	3,302
13,3	3,556
14,15	3,81
14,51	3,937
15,23	4,191
15,86	4,445
16,49	4,699
16,77	4,826
17,08	4,953
17,33	5,08
17,82	5,207
18,35	5,461

**Anexo 105** Resultados Flexión culmos con nudo 15 cm **Fuente: propia**



**Anexo 106** Comparación mayor resistencia Flexión muestras N° 4-5-6 **Fuente: propia**



**Anexo 107** Flexión Carga (KN) VS Deformacion (mm) Muestras 7, 8, 9. **Fuente: propia**

<b>Culmo</b>	#07
<b>Diámetro</b>	10 cm
<b>Probeta:</b>	Sin nudo

<b>Culmo</b>	#08
<b>Diámetro</b>	10 cm
<b>Probeta:</b>	Sin nudo

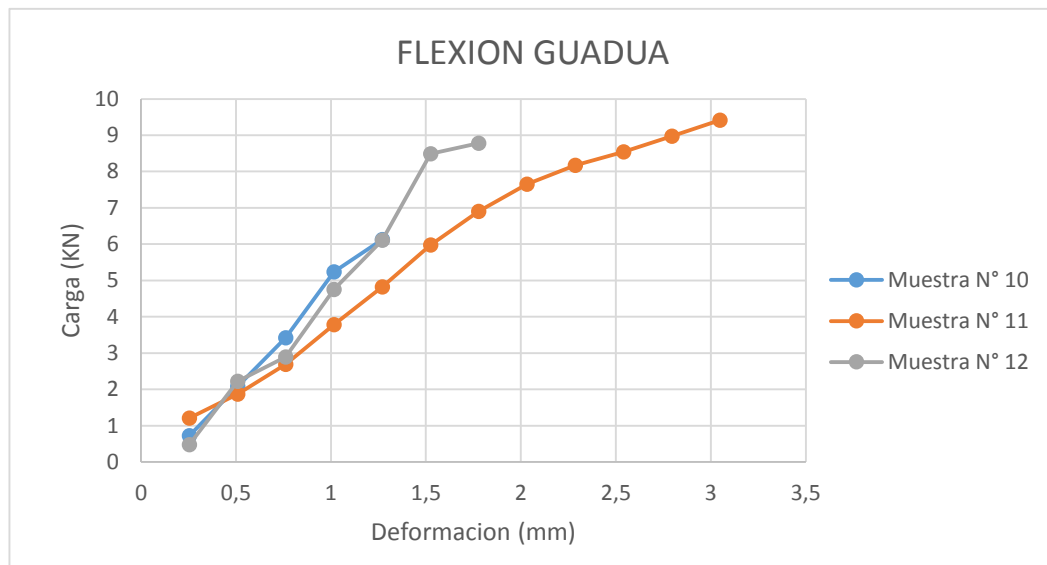
<b>Culmo</b>	#09
<b>Diametro</b>	10 cm
<b>Probeta:</b>	Sin nudo

Carga (KN)	Deformacion (mm)
1,23	0,254
1,87	0,508
2,41	0,762
2,5	1,016

Carga (KN)	Deformacion (mm)
0,41	0,254
0,67	0,508
0,92	0,762
1,29	1,016
1,77	1,27
2,13	1,524
2,45	1,778
2,69	2,032
2,75	2,286

Carga (KN)	Deformacion (mm)
1,06	0,254
2,32	0,508
2,79	0,762
3,9	1,016
4,49	1,27

**Anexo 108** Resultados Flexión culmos sin nudo 10 cm **Fuente: propia**



**Anexo 109** Flexión Carga (KN) VS Deformación (mm) Muestras 10, 11, 12. **Fuente: propia**

<b>Culmo</b>	#10
<b>Diametro</b>	10 cm
<b>Probeta:</b>	Con nudo

<b>Culmo</b>	#11
<b>Diametro</b>	10 cm
<b>Probeta:</b>	Con nudo

<b>Culmo</b>	#12
<b>Diametro</b>	10 cm
<b>Probeta:</b>	Con nudo

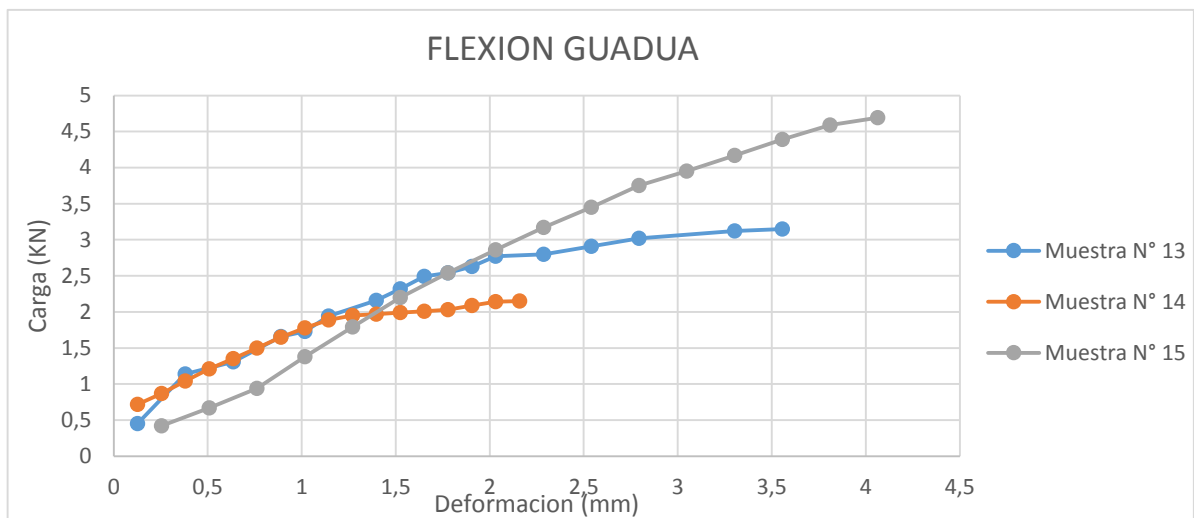
Carga (KN)	Deformacion (mm)
0,72	0,254
2,08	0,508
3,42	0,762
5,24	1,016
6,13	1,27

Carga (KN)	Deformacion (mm)
1,21	0,254
1,87	0,508
2,69	0,762
3,78	1,016
4,82	1,27
5,98	1,524
6,9	1,778
7,65	2,032
8,17	2,286
8,54	2,54
8,97	2,794
9,41	3,048

Carga (KN)	Deformacion (mm)
0,48	0,254
2,22	0,508
2,89	0,762
4,75	1,016
6,11	1,27
8,49	1,524
8,78	1,778

**Anexo 110** Resultados Flexión culmos con nudo 10 cm **Fuente: propia**





<b>Culmo</b>	#13
<b>Diámetro</b>	5 cm
<b>Probeta:</b>	Sin nudo

<b>Culmo</b>	#14
<b>Diámetro</b>	5 cm
<b>Probeta:</b>	Sin nudo

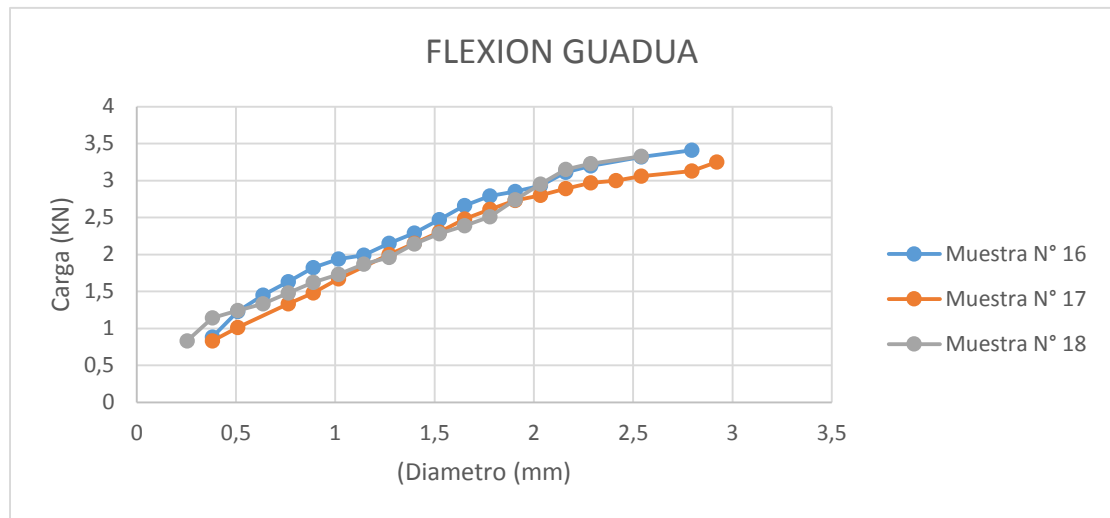
<b>Culmo</b>	#15
<b>Diámetro</b>	5 cm
<b>Probeta:</b>	Sin nudo

<b>Carga (KN)</b>	<b>Deformacion (mm)</b>
0,45	0,127
1,14	0,381
1,31	0,635
1,66	0,889
1,73	1,016
1,94	1,143
2,16	1,397
2,32	1,524
2,49	1,651
2,54	1,778
2,63	1,905
2,77	2,032
2,8	2,286
2,91	2,54
3,02	2,794
3,12	3,302
3,15	3,556

<b>Carga (KN)</b>	<b>Deformacion (mm)</b>
0,72	0,127
0,87	0,254
1,04	0,381
1,21	0,508
1,35	0,635
1,5	0,762
1,65	0,889
1,78	1,016
1,89	1,143
1,95	1,27
1,97	1,397
1,99	1,524
2,01	1,651
2,03	1,778
2,09	1,905
2,14	2,032
2,15	2,159

<b>Carga (KN)</b>	<b>Deformacion (mm)</b>
0,42	0,254
0,67	0,508
0,94	0,762
1,38	1,016
1,79	1,27
2,2	1,524
2,54	1,778
2,86	2,032
3,17	2,286
3,45	2,54
3,75	2,794
3,95	3,048
4,17	3,302
4,39	3,556
4,59	3,81
4,69	4,064

**Anexo 112 Resultados Flexión culmos sin nudo 5 cm Fuente: propia**



**Anexo 113 Flexión Carga (KN) VS Deformacion (mm) Muestras 16, 17, 18. Fuente: propia**

<b>Culmo</b>	#16
<b>Diámetro</b>	5 cm
<b>Probeta:</b>	Con nudo

<b>Culmo</b>	#17
<b>Diámetro</b>	5 cm
<b>Probeta:</b>	Con nudo

<b>Culmo</b>	#18
<b>Diámetro</b>	5 cm
<b>Probeta:</b>	Con nudo

Carga (KN)	Deformacion (mm)
0,88	0,381
1,23	0,508
1,45	0,635
1,63	0,762
1,82	0,889
1,94	1,016
1,99	1,143
2,15	1,27
2,29	1,397
2,47	1,524
2,66	1,651
2,79	1,778
2,85	1,905
2,93	2,032
3,11	2,159
3,2	2,286
3,32	2,54
3,41	2,794

Carga (KN)	Deformacion (mm)
0,83	0,381
1,01	0,508
1,33	0,762
1,48	0,889
1,67	1,016
2	1,27
2,15	1,397
2,3	1,524
2,48	1,651
2,61	1,778
2,73	1,905
2,8	2,032
2,89	2,159
2,97	2,286
3	2,413
3,06	2,54
3,13	2,794
3,25	2,921

Carga (KN)	Deformacion (mm)
0,83	0,254
1,14	0,381
1,24	0,508
1,33	0,635
1,48	0,762
1,62	0,889
1,73	1,016
1,87	1,143
1,96	1,27
2,14	1,397
2,28	1,524
2,39	1,651
2,51	1,778
2,74	1,905
2,95	2,032
3,15	2,159
3,23	2,286
3,33	2,54

**Anexo 114 Resultados Flexión culmos con nudo 5 cm Fuente: propia**

## COMPRESION GUDUA INMUNIZADA: TABLAS

INMUNIZADAS Y SIN INMUNIZAR										
MUESTRA - 01	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION (Mpa)
DIAMETRO EXTERNO (mm)	101,14	98,32	95	97,87	98,08	1985,49	0,0020	182,100	91715,17035	91,715
DIAMETRO INTERNO (mm)	82,78	85,06	86	83,02	84,22					
ALTURA(mm)	302	301	303	304	302,50					
TIPO DE FALLA	Aplastamiento									
MUESTRA - 02	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION (Mpa)
DIAMETRO EXTERNO (mm)	104,87	102,91	102,56	102,54	103,22	1751,35	0,0018	199,200	113741,1295	113,741
DIAMETRO INTERNO (mm)	95,56	91,77	89,32	90,49	91,79					
ALTURA(mm)	301	300	300	302	300,75					
TIPO DE FALLA	Aplastamiento									
MUESTRA - 03	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION (Mpa)
DIAMETRO EXTERNO (mm)	105,42	103,32	108,82	104,74	105,58	2316,17	0,0023	181,600	78405,2324	78,405
DIAMETRO INTERNO (mm)	92,16	88,4	93,75	87,84	90,54					
ALTURA(mm)	302	302	303	301	302,00					
TIPO DE FALLA	Aplastamiento									
MUESTRA - 04	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION (Mpa)
DIAMETRO EXTERNO (mm)	94,17	95,97	99,33	99,25	97,18	2154,91	0,0022	189,200	87799,65854	87,800
DIAMETRO INTERNO (mm)	84,17	81,65	81,6	80	81,86					
ALTURA(mm)	300	301	300	301	300,50					
TIPO DE FALLA	Aplastamiento									

**Anexo 116** Resultados muestras de guadua 01,02,03,04 inmunizadas y sin inmunizar **Fuente: propia**

MUESTRA - 05	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION (Mpa)
DIAMETRO EXTERNO (mm)	113,5	111,24	110,21	110,11	111,27	2186,34	0,0022	138,300	63256,30842	63,256
DIAMETRO INTERNO (mm)	100,08	98,09	97,71	95,96	97,96					
ALTURA(mm)	300	304	303	300	301,75					
TIPO DE FALLA	Aplastamiento									
MUESTRA - 06	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION (Mpa)
DIAMETRO EXTERNO (mm)	102,23	102,52	105,21	100,48	102,61	1802,90	0,0018	162,200	89966,37653	89,966
DIAMETRO INTERNO (mm)	88,85	90,12	94,17	89,81	90,74					
ALTURA(mm)	300	301	300	300	300,25					
TIPO DE FALLA	Aplastamiento									
MUESTRA - 07	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION (Mpa)
DIAMETRO EXTERNO (mm)	101,73	101,51	103,25	100,85	101,84	1552,42	0,0016	148,600	95721,59689	95,722
DIAMETRO INTERNO (mm)	94,23	90,72	90,95	90,57	91,62					
ALTURA(mm)	299	299	298	299	298,75					
TIPO DE FALLA	Aplastamiento									
MUESTRA - 08	1	2	3	4	PROMEDIO	AREA (mm2)	AREA (M2)	FUERZA KN	FUERZA (KN) /AREA (M2)	RESISTENCIA A COMPRESION (Mpa)
DIAMETRO EXTERNO (mm)	94,55	92,11	97,08	98,21	95,49	1269,99	0,0013	95,000	74803,64098	74,804
DIAMETRO INTERNO (mm)	86,66	85,06	86,71	88	86,61					
ALTURA(mm)	300	299	300	301	300,00					
TIPO DE FALLA	Aplastamiento									

**Anexo 115** Resultados muestras de guadua 05,06,07,08 inmunizadas y sin inmunizar **Fuente: propia**



























